

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra informatiky**

**Hra na mobilním zařízení**  
**(The game on the mobile device)**

### **Prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval Ing. Petru Gajdošovi, Ph.D. za odborné vedení a podporu během tvorby bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi bezdrátové komunikace mezi zařízeními typu PDA a jejich popisem. Hlavním cílem je seznámit čtenáře s technologiemi pro bezdrátovou komunikaci, jejich výhodami, případně nevýhodami a na příkladu ukázat tvorbu jednoduché hry pro vybranou technologii. První část práce se věnuje popisu jednotlivých technologií. Následuje výběr vhodné technologie pro ukázkový příklad. Těžiště práce spočívá ve vyřešení problémů v komunikaci mezi zařízeními pro vybranou technologii. Pozornost je věnována i dalším problémům, které se při vývoji vyskytly a netýkají se přímo komunikace.

## **Klíčová slova**

BlueTooth, PDA, komunikace, hra.

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the possibilities of wireless communication between PDA devices and their description. The principal goal is to familiarise the reader with the technologies for wireless communication, their advantages, eventually with their disadvantages and show on the example development of the simple game for selected technology. The first part of the thesis deals with description of each technology. There follows selection of proper technology for example. The main focus of thesis can be found in solving of problems with communication between devices for selected technology. There are also described another problems, which occurred in development and don't affect communication.

## **Key words**

BlueTooth, PDA, communication, game.

## **Seznam použitých symbolů a zkratek**

.NET CF – .NET Compact Framework  
3GPP – The 3rd Generation Partnership Project  
8-PSK – Phase-Shift Keying  
ACL – Asynchronous Connectionless  
AES – Advanced Encryption Standard  
AP – Access Point  
ARM - Advanced RISC Machine  
ASCII – American Standard Code for Information Interchange  
BER – bit error ratio  
BNEP – BT Network Emulation Protocol  
BSC – Base Station Controller  
BSS – Base Station Subsystem  
BT – BlueTooth  
BT\_ADDR – BT Device Address  
BTS – Base Transceiver Station  
CDMA – code division multiple access  
CEPT – European Conference of Postal and Telecommunications Administrations  
CG – Charging Gateway  
CN – Core Network  
CS – Circuit Switched  
CSD – Circuit Switched Data  
DECT – Digital Enhanced Cordless Telecommunications  
DQPSK – Differential Quadrature Phase Shift Keying  
DTM – Dual Transfer Mode  
ECSD – Enhanced Circuit Switched Data  
EDGE – Enhanced Data rates for Global Evolution  
EDR – Enhanced Data-Rate  
EGPRS – Enhanced GPRS  
ETSI – European Telecommunications Standards Institute  
FDD – Frequency Division Duplex  
FDMA – Frequency Division Multiple Access  
FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum  
GERAN – Generic Radio Access Network  
GGSN – Gateway GPRS Support Node  
GMSK – Gaussian Minimum Shift Keying  
GPRS – General Packet Radio Service  
GRAN – GSM Radio Access Network  
GSM – Groupe Spécial Mobile  
H-ARQ – Hybrid Automatic Repeat Request  
HP – Hewlett-Packard  
HSCSD – High Speed Circuit Switched Data  
HSDPA – High-Speed Downlink Packet Access  
HSUPA – High-Speed Uplink Packet Access  
IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

IDFT – Inverzní Diskrétní Fourierovy Transformace  
IMT 2000 – International Mobile Telecommunications-2000  
IP – Internet Protocol  
IR – Infra Red  
IrDA – Infrared Data Association  
ISDN – Integrated Services Digital Network  
ISM – Industrial, Scientific, Medical  
L2CAP – Logical Link Control and Adaptation Protocol  
LAN – Local Area Network  
LED – Light-Emitting Diode  
LOS – Line of Sight  
LTE – Long Term Evolution  
MAC – Media Access Control  
NLOS – Non-Line-Of-Sight  
OFDM – Orthogonal Frequency-Division Multiplexing  
OFDMA – Orthogonal Frequency Division Multiple Access  
PAN – Personal Area Network  
PCMCIA – Personal Computer Memory Card International Association  
PCU – Packet Control Unit  
PNG – Portable Network Graphics  
PPP – Point-to-Point Protocol  
PDA – Personal Digital Assistant  
PSK – Pre-Shared Key  
QoS – Quality of Service  
QVGA – Quarter Video Graphics Array  
RFCOMM – Radio Frequency Communication  
RNC – Radio Network Controller  
SGSN – Serving GPRS Support Node  
SIM – Subscriber Identity Module  
SMS – Short Message Service  
SSID – Service Set Identifier  
TD-CDMA – Time-Division – CDMA  
TDD – Time Division Duplex  
TDMA – Time Division Multiple Access  
UE – User Equipment  
UMTS – Universal Mobile Telecommunication System  
USIM – Universal Subscriber Identity Module  
USRAN – UMTS Satellite RAN  
UTRA – UMTS Terrestrial Radio Access  
VGA – Video Graphics Array  
VoIP – Voice over IP  
WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access  
WEP – Wired Equivalent Privacy  
Wi-Fi – standard pro lokální bezdrátové sítě (Wireless LAN, WLAN)  
WiMax – Worldwide Interoperability for Microwave Access

WPA – Wi-Fi Protected Access  
mp3 – MPEG-1 Layer III

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Technologie umožňující komunikaci mezi mobilními zařízeními .....	2
2.1	IrDA .....	2
2.1.1	Hardware .....	2
2.1.2	Dosah a rychlost IrDA .....	2
2.1.3	Přenos dat .....	2
2.2	Bluetooth .....	4
2.2.1	Původ názvu .....	5
2.2.2	Historie .....	5
2.2.3	Specifikace .....	5
2.2.4	Rádiové rozhraní .....	5
2.2.5	Vyšší síťové vrstvy .....	6
2.2.6	Protokoly BT .....	7
2.3	Wi-Fi .....	7
2.3.1	Struktura bezdrátové sítě .....	7
2.3.2	Zabezpečení sítě .....	8
2.3.3	Kompatibilita .....	9
2.4	GSM/GPRS .....	9
2.4.1	Historie .....	10
2.4.2	Obchodní situace .....	10
2.4.3	Radiové rozhraní .....	10
2.4.4	Struktura sítě .....	11
2.4.5	SIM .....	11
2.4.6	Bezpečnost GSM .....	12
2.5	GPRS .....	12
2.5.1	Třídy GPRS zařízení .....	12
2.5.2	Kódová schémata u GPRS .....	13
2.5.3	Možnosti mobilních zařízení .....	13
2.5.4	Maximální rychlosti .....	14
2.5.5	Základní prvky GPRS sítě .....	14
2.6	EGPRS .....	14
2.6.1	Kódová schémata u EGPRS .....	15
2.6.2	Maximální přenosové rychlosti .....	15
2.7	EDGE .....	15
2.7.1	Dostupnost .....	16
2.7.2	Maximální přenosové rychlosti .....	16
2.8	UMTS .....	16
2.8.1	W-CDMA .....	16
2.8.2	Struktura UMTS sítě .....	16
2.8.3	Rozhraní pro propojení částí sítě .....	18
2.9	HSDPA .....	18
2.9.1	Parametry .....	19
2.9.2	Třídy HSDPA terminálů .....	20
2.10	WiMAX .....	20



2.10.1	Technické pozadí 802.16 .....	20
2.10.2	Předpokládané pracovní frekvence pro WiMax .....	21
2.10.3	Certifikace WiMAX .....	21
3	Výběr vhodné technologie .....	23
3.1	Specifikace požadavků na technologii .....	23
3.2	Výběr komunikace pomocí BT .....	23
3.3	BT a práce s BT Stack .....	24
3.3.1	Widcomm stack .....	24
3.3.2	Microsoft BT stack .....	24
3.3.3	Widcomm i Microsoft stack .....	25
3.4	BT a sériové porty .....	25
3.4.1	Co je sériový port? .....	25
3.4.2	Kterou knihovnu použít? .....	25
3.4.3	Komunikace zasíláním textových řetězců .....	26
3.4.4	Komunikace zasíláním pole Byteů .....	26
3.4.5	Komunikace zasíláním instancí třídy .....	26
4	Komunikační protokol .....	28
4.1	Formát zprávy .....	28
4.2	Potvrzování zpráv .....	28
4.3	Připojení ke druhému zařízení .....	28
4.4	Fronta zpráv .....	29
4.5	Serializace instance třídy .....	29
4.6	Ztráta spojení .....	29
4.7	Pokračování v předchozí hře .....	30
5	Hra .....	31
5.1	Návrh .....	31
5.2	Analýza .....	31
5.3	Vzhled .....	32
5.4	Jak hrát .....	34
5.5	Problémy při implementaci .....	34
5.6	Testovací rozhraní .....	34
6	Testování rychlosti přenosu .....	35
6.1	Výsledky .....	37
7	Závěr .....	38
8	Literatura .....	39

# 1 Úvod

Vývoj elektroniky jde neustále kupředu. Člověk by si řekl, že již není téměř možné nějak zásadně vylepšit stávající elektronická zařízení. Opak je však pravdou a vývoj jde kupředu mílovými kroky. Zaměříme-li se na pole mobilních zařízení, tak při ohlédnutí o dekádu zpět zjistíme, že mobilní telefon nebyl věcí ani zdaleka tak rozšířenou, jako je tomu nyní. Navíc měl pouze několik základních funkcí, jako např. posílání SMS, volání a několik časově organizačních funkcí. Cena byla v té době velice vysoká. Ovšem s vývojem přibývalo funkcí, klesala cena, rostla dostupnost a toto vše zapříčinilo, že je dnes mobilní telefon, nebo chcete-li zařízení, nedílnou součástí každodenního života mnoha lidí.

S vývojem těchto zařízení šel ruku v ruce i vývoj komunikace mezi nimi. Vše začínalo postupně umožněním posílání vizitek a malých souborů díky technologii IrDa. Přes dnes velice oblíbené BT, které je daleko rychlejší a dokáže přenášet data na větší vzdálenosti. Navíc je hojně využíváno pro různé headsety, bezdrátové sluchátka, handsfree sady do automobilů apod. Později přišlo Wi-Fi a s ním i možnost připojovat se do Wi-Fi sítí, ze kterých je snadný přístup na Internet. Mezitím se vyvíjely i technologie sloužící pro telefonování a posílání textových a multimediálních zpráv.

Jak šel vývoj kupředu, lidé se s novými technologiemi seznamovali, začínali je používat a začali vyžadovat aplikace, které jim pomáhají tyto technologie využívat. Protože jsou v dnešní době mobilní zařízení i do jisté míry záležitostí stylu, lidé si je kupují jako doplňky a očekávají, že jim poskytnou zábavu. Zábavou můžeme rozumět hraní různých her, surfování po Internetu apod. Proto se např. technologie BT stala dominantní na poli mobilních her pro více hráčů. Snad nenajdete hru, která by komunikovala jinak, než díky této technologii. Důvodů, proč tomu tak je, je hned několik. Tím hlavním ale určitě je, že BT je dnes již standardní výbavou snad všech mobilních zařízení.

## 2 Technologie umožňující komunikaci mezi mobilními zařízeními

Možností, jak můžeme komunikovat mezi PDA zařízeními je hned několik. Liší se od sebe způsobem přenosu dat, rychlostí přenosu, dosahem, čili vzdáleností, na kterou můžeme data přenášet a v neposlední řadě také snadností implementace, pokud vezmeme v potaz pohled vývojáře aplikací.

Nejprve si řekněme, co to vlastně je PDA. PDA je malý kapesní počítač, který je obvykle ovládaný dotykovou obrazovkou a perem (které se označuje jako stylus). Původně měly PDA za cíl především pomoci s organizováním času a kontaktů. Současné PDA jsou velmi výkonné a zvládají i přehrávání videa a spoustu dalších aplikací. Často se používají pro čtení ebooků.

Mezi nejčastější operační systémy používané na PDA patří Windows CE, Windows Mobile, PalmOS, Symbian, ale také je možné nasadit na PDA Linux, například JLine.

Pocket PC je typ PDA, který obsahuje ARM kompatibilní procesor a na němž běží některý z rodiny operačních systémů Windows CE. V současnosti se PDA dodávají s integrovaným slotem na SIM a podporou telefonování a datových přenosů přes síť GSM.

### 2.1 IrDA

IrDA je komunikační infračervený port vytvořený konsorciem IrDA, které popisuje bezdrátovou komunikaci pomocí infračerveného světla. IrDA definuje standardy koncových zařízení a protokolů, pomocí kterých zařizuje komunikaci. IrDA byl vytvořen pro komunikaci s přenosnými (mobilními) zařízeními bez nutnosti použití komunikačního kabelu. Více v literatuře [4].

#### 2.1.1 Hardware

IrDA vysílá a přijímá modulované infračervené světlo (záření) o vlnové délce 875 nm. Vysílačem jsou infračervené LED diody (nebo infračervené laserové diody). Přijímačem jsou fotodiody. Výrobci vyrábí sady (přijímač + vysílač) přímo použitelné v elektronických aplikacích. IrDA je součástí notebooků, mobilních telefonů, PDA apod. V současnosti je IrDA vytlačováno radiovým přenosem (Bluetooth), který eliminuje základní nevýhodu infračerveného přenosu – potřebu přímé viditelnosti, i když za určitých podmínek se signál může šířit i odrazy a nemusí být striktně dodržena přímá viditelnost mezi zařízeními.

#### 2.1.2 Dosah a rychlost IrDA

IrDA (IrDA verze 1.0 a 1.1) pracuje do vzdálenosti 1,0 m při bitové chybovosti BER, poměru chybně a správně přenesených bitů  $10^{-9}$  a maximální úrovni okolního osvětlení 10 klux (denní světlo). Tyto hodnoty jsou definované pro nesouměrnost přijímače a vysílače  $15^\circ$ . Rychlost až 115.2kbps (IrDA-1.0), nebo 4Mbps (IrDA-1.1). Používá se pulzní modulace 3/16 délky doby trvání bitu. Formát dat je jako při sériovém přenosu (asynchronní přenos se start bitem). IrDA definuje také low-power IrDA zařízení s dosahem do 20cm a max. rychlostí 115 kb/s. Pulzní modulace se používá, aby mohly LED diody vysílat maximálním výkonem (nemohou takto svítit trvale – proto pulzy).

#### 2.1.3 Přenos dat

K přenosu informace infračerveným přenosovým kanálem je zapotřebí vysílač a přijímač infračerveného záření převádějící elektrický signál na optické záření a naopak. Pro infračervený

přenos se dosud používala výhradně oblast blízkého infračerveného záření s vlnovou délkou v rozmezí 840 - 960nm. V současné době se však již objevuje nový standart, pokrývající pásmo 700 - 1600nm. Kritickými místy IR přenosového systému jsou právě vysílací a přijímací blok. Záření je vysíláno v určitém úhlu a vyzářený výkon na jednotku plochy se vzdáleností poměrně rychle klesá. Z toho vyplývají požadavky kladené na vysílací a přijímací diodu. Pro zajištění bezpečného přenosu na větší vzdálenost by vysílací dioda měla mít co největší výkon, tj. intenzita záření by měla být co největší. Tento požadavek však naráží jednak na omezení maximálního proudu protékajícího infra-diodou a jednak na skutečnost, že velká část IR vysílačů jsou mobilní jednotky napájené z baterií, či akumulátorů s poměrně malou kapacitou. Na přijímací straně je zapotřebí, aby přijímací dioda měla co největší citlivost na záření v přijímaném pásmu. Toho je možné dosáhnout dvěma způsoby. Prvním je zvětšení aktivní plochy přijímací infra-diody, druhým selekce přijímaného pásma před vstupem na přijímací diodu, čímž se omezí vliv ostatních zdrojů mimo přijímané pásmo. První způsob naráží na technologická a ekonomická omezení, kompromisem jsou dnes často používané čipy s aktivní plochou 8mm<sup>2</sup>. Druhý způsob se praktikuje zalitím přijímací diody do vhodně tvarovaného pouzdra ze speciální pryskyřice, které slouží jako optický filtr. V praxi se používá kombinace obou způsobů.

### **Interference**

Přenos dat ve volném prostoru klade vysoké požadavky na odolnost přijímače proti rušení. Přijímač, který čeká na přijímaný signál, je zaplavován nejrůznějšími rušeními optického a elektromagnetického charakteru, přítomnými buď v daném prostředí, nebo generovanými vlastním elektronickým zařízením. Všechny optické zdroje v pásmu přijímaném detektorem (830 - 1100nm) můžeme považovat za zdroje rušení. Možným zdrojem elektromagnetického rušení jsou všechny modulované výkonové signály v okolí pracovní frekvence přijímače. Toto rušení se vyskytuje zvláště v okolí vysílačů, frekvenčních generátorů, vyhylovacích cívek televizních přijímačů, zářivkových svítidel a podobně.

### **Optické zdroje rušení**

Přijímací infračervené diody registrují poměrně široké pásmo pokrývající i oblast viditelného spektra. V takovém případě by ovšem byl infračervený přenos značně obtížný a silně závislý na okolním osvětlení. Z toho důvodu jsou infračervené přijímače v naprosté většině případů vybaveny speciálním filtrem na určité vlnové délce a mají tedy v oblasti viditelného spektra velmi malou citlivost. Přijímací diodou může být detekováno pouze záření s vlnovou délkou větší, než odpovídá danému filtru.

Přijímací dioda v takovém případě přijímá omezené spektrum z pásma vyslaného „bílým“ světelným zdrojem. Pro posouzení záření ve viditelném spektru se většinou používá veličina množství osvětlení (jednotkou je Lux = Lumen/m<sup>2</sup>) namísto veličiny množství záření (jednotkou je Watt/m<sup>2</sup>).

Velikost osvětlení vyjádřená v jednotkách Lux je ale naprosto nevhodná pro popis infračerveného záření, protože část záření s vlnovou délkou delší než 780nm, což je hranice oblasti viditelného spektra, není brána v úvahu.

### **Ostatní zdroje rušení**

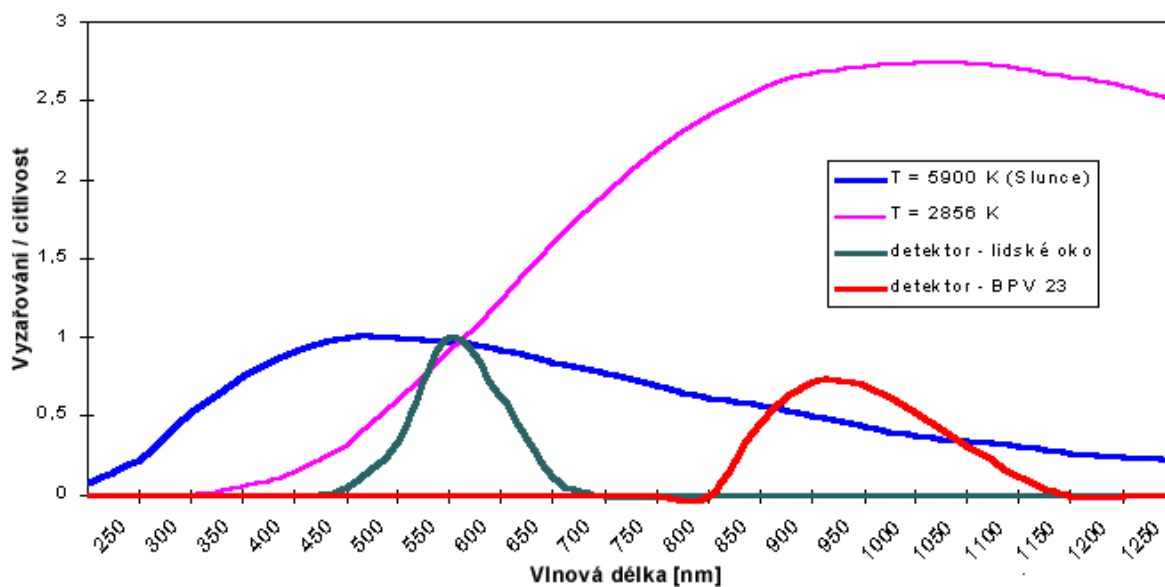
Spektrální složení záření jednotlivých zdrojů infračerveného záření je velice rozdílné a závisí na mechanismu vzniku záření. Spektrum vyzařování klasického světelného-tepelného zdroje, jakým je například žárovka, je velice široké a je ho možné velice přesně popsat pomocí Planckova rozdělení.

Na emisní spektrum Slunce se můžeme dívat jako na tepelný zdroj s ekvivalentní teplotou  $T = 5900 \text{ K}$ , který je ovlivněn spektrální absorpcí atmosféry.

Spektrum záření, které je emitováno zářivkovými tělesy, je poněkud komplikovanější. V oblasti infračerveného záření je emitováno pouze malé množství záření. Spektrum vyzařování je kombinací poměrně širokého spektra luminescentu, spektrálních čar rtuti a čar vyzařovaných plynem v trubici. Pro odhad rušivého působení těchto zdrojů musíme vzít v úvahu rozdílné časové konstanty (řádově milisekundy) aktivovaných luminescentních materiálů, zatímco přímé vyzařování je modulováno procházejícím proudem se všemi jeho harmonickými. Proto jednu část vyzařovaného spektra můžeme považovat za nízkofrekvenční zdroj, zatímco na druhou část se můžeme dívat jako na širokopásmový zdroj rušení s obsahem vysokofrekvenčních složek.

V infračervených datových přenosových systémech se používají výhradně křemíkové fotodiody s buď integrovaným, nebo externím filtrem. Spektrální citlivost takovýchto diod v přijímaném pásmu, většinou na vlnové délce 950nm, je téměř 100% záření dopadajícího na filtr diody. Kratší vlnové délky začíná filtr silně omezovat asi na 820 - 900nm podle vlnové délky použitého vysílacího zdroje. Omezení pro záření s větší vlnovou délkou, než je přijímané spektrum a snížení citlivosti diody pro větší vlnové délky je dáno spektrální absorpcí křemíku a tloušťkou aktivní vrstvy. Pro takovýto model detektoru je možné numericky vypočítat citlivost na různé zdroje záření.

V grafu jsou zobrazena spektra tepelných zdrojů s ekvivalentní teplotou  $T = 5900\text{K}$  a  $T = 2856\text{K}$ , z nichž první odpovídá slunečnímu záření a druhý záření emitovanému běžnou žárovkou. V grafu jsou rovněž zobrazeny spektrální citlivosti dvou přijímačů. Prvním z těchto přijímačů je křemíková PIN dioda a druhým je klasický přírodní detektor - lidské oko. Z grafu je vidět, že záření zdroje ekvivalentního ke slunečnímu záření obsahuje mnohem méně záření v pásmu citlivosti infračerveného přijímače než záření zdroje ekvivalentního k běžné žárovce.



Obr 1 – spektrum vyzařování různých zdrojů a spektrální citlivost detektorů

## 2.2 Bluetooth

BT je bezdrátová komunikační technologie sloužící k bezdrátovému propojení mezi dvěma a více elektronickými zařízeními, jakými jsou například mobilní telefony, PDA, osobní počítače, mp3 přehrávače, komunikátory nebo náhlavní souprava (headset). Více v literatuře [5].

### 2.2.1 Původ názvu

Název BT je odvozen z anglického jména dánského krále Haralda Modrozuba (Harald Bluetooth) vládnoucího v 10. století. Ten využil svých diplomatických schopností k tomu, aby válečící kmeny přistoupily k diskuzi a ukončily vzájemné rozepře. Právě této analogie bylo využito pro název technologie BT, která podobně jako kdysi král Harald slouží k usnadnění vzájemné komunikace. Používá BT protokoly.

### 2.2.2 Historie

První aktivity k vytvoření standardu BT spadají do roku 1994, kdy byla ve švédské firmě Ericsson vypracována studie o náhradě nejrůznějších kabelů mezi mobilním telefonem a periferními přístroji. V roce 1998 byla na základě iniciativy firmy Ericsson vytvořena skupina BSIG, ve které byly nejprve firmy IBM, Intel, Nokia a Toshiba a později se přidaly společnosti 3Com, Lucent, Microsoft a Motorola. Dnes má BSIG více než 2 500 členů, což naznačuje obrovský význam standardu BT pro budoucnost. Společnou myšlenkou zakladatelů bylo vytvořit levné a energeticky nenáročné bezdrátové spojení na krátkou vzdálenost, které mělo nahradit datové kabely vybavené nejrůznějšími speciálními konektory (pro každý účel zvláštní kabel). Dalším vývojem byly moduly BT vybaveny obecně dosažitelnými přístupovými body pro data a řeč (případně i obraz) a dále byly upraveny tak, aby bylo možné snadno vytvářet příležitostné a jednoúčelové (ad hoc) datové sítě.

Dnešní technické prostředky (hardware) pro přenos standardem BT mají rozměry přibližně české dvacetikoruny. Očekávaná masová výroba základních modulů povede k dalšímu snížení ceny modulů a tím rozšíření i do oblastí, se kterými se původně ani nepočítalo, tedy i automatizace v celé její šíři. K tomu přispěje zejména jejich robustnost a odolnost proti rušení.

### 2.2.3 Specifikace

Technologie BT je definovaná standardem IEEE 802.15.1, o kterém více v literatuře [3]. Spadá do kategorie osobních počítačových sítí, tzv. PAN.

BT se vyskytuje v několika vývojových verzích, z nichž v současnosti nejvíce využívaná nese označení 1.2 a je implementována v drtivé většině BT zařízení (stav k r. 2006).

Prozatím poslední verze, specifikace BT 2.0 EDR, zavádí novou modulační techniku  $\pi/4$ -DQPSK a zvyšuje tak datovou propustnost na trojnásobnou hodnotu oproti BT 1.2 (2,1 Mbit/s proti 720 kbit/s). Tímto se dosahuje daleko větší výdrže baterií, protože samotné navázání spojení i přenos samotný probíhá v daleko kratší době než u starších verzí BT.

#### **Výkonnost je označována následujícím způsobem:**

Class 1. - až 100 metrů (maximální teoretický dosah, 100 mW)

Class 2. - až 10 metrů (10 mW)

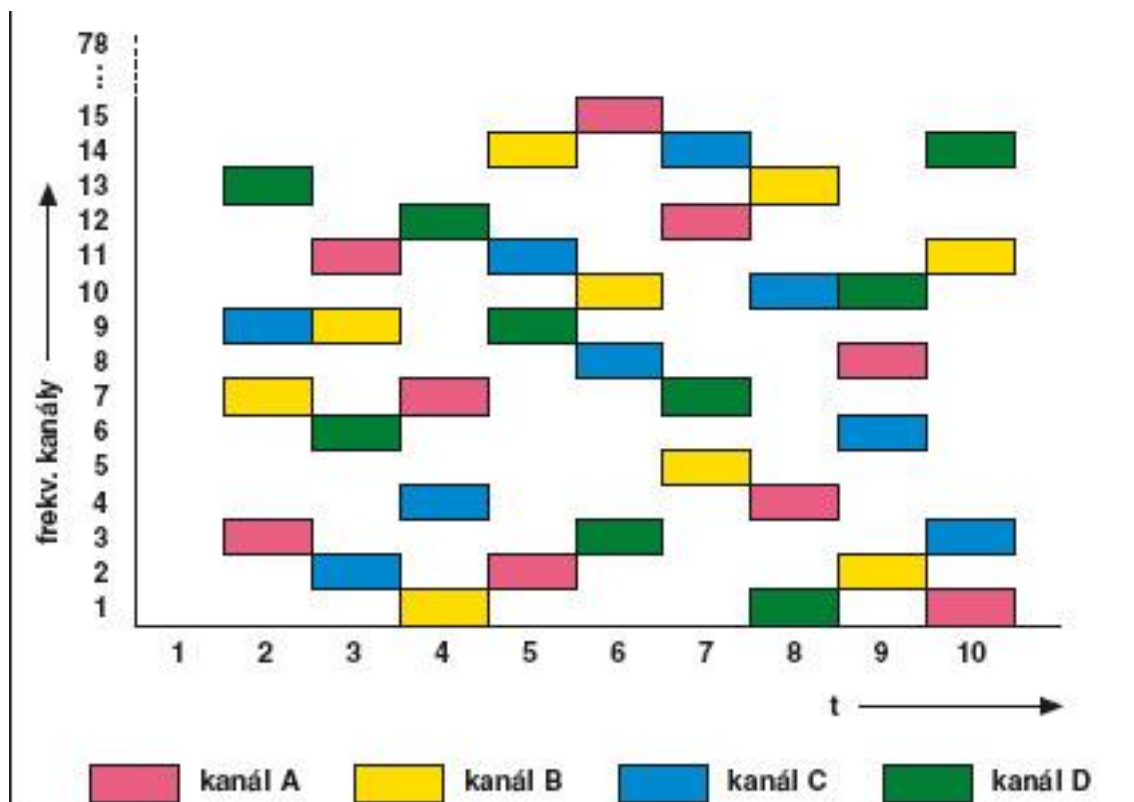
Class 3. - až 1 metr (2,5 mW)

Toto označení platí pro všechny vývojové řady (tj. 1.0 , 1.2 a 2.0)

### 2.2.4 Rádiové rozhraní

BT pracuje na bezlicenčních kmitočtech vyhrazených celosvětově průmyslovým, vědeckým a lékařským účelům v pásmu ISM v oblasti 2.4 GHz (2,402 až 2,480 GHz) stejně jako například Wi-Fi, ale ke spojení však používá zcela jiné metody, tudíž se vzájemně neruší. K přenosu využívá metody FHSS, kdy během jedné sekundy je provedeno 1600 skoků (přeladění) mezi 78 frekvencemi s

rozestupem 1 MHz (tolerance 75 kHz). Tento mechanismus má zvýšit odolnost spojení vůči rušení na stejné frekvenci. Je definováno několik výkonových úrovní (2,5 mW, 10 mW, 100 mW) s nimiž je umožněna komunikace do vzdálenosti cca 10 – 100 m (10m u mobilních zařízení, 100m u počítačů). Udávané hodnoty ovšem platí jen ve volném prostoru. Pokud jsou mezi komunikujícími zařízeními překážky (typicky například zdi), dosah velice rychle klesá. Většinou ovšem nedochází ke skokové ztrátě spojení, ale postupně se zvyšuje počet chybně přenesených paketů. Z předchozích vět je zřejmé, že zařízení nemusí být v přímé viditelnosti, aby mohla komunikovat.



Obr 2 – metoda přepínání frekvencí se čtyřmi přístroji s kanály A až D

### 2.2.5 Vyšší síťové vrstvy

Přenosová rychlost se pohybuje okolo 720 kbit/s (90 kB/s) a je možné vytvořit datový spoj symetrický případně asymetrický, kdy přenosová rychlost při příjmu (downlink) je vyšší než při odesílání (uplink).

Jednotlivá zařízení jsou identifikována pomocí své adresy BT\_ADDR, podobné, jako je MAC adresa u Ethernetu.

BT podporuje jak dvoubodovou, tak mnohabodovou komunikaci. Pokud je více stanic propojeno do ad hoc sítě, tzv. pikosítě (piconet), jedna rádiová stanice působí jako řídicí (master) a může simultánně obsloužit až 7 podřízených (slave) zařízení. Všechna zařízení v pikosíti se synchronizují s taktom řídicí stanice a se způsobem přeskakování mezi kmitočty. Specifikace dovoluje simultánně použít až 10 pikosít na ploše o průměru 10 metrů a tyto pikosítě dále sdružovat do tzv. „scatternets“ neboli „rozproštěných“ sítí.

## 2.2.6 Protokoly BT

BT používá řadu počítačových protokolů.

### L2CAP

L2CAP je používán uvnitř BT rozhraní. Posílá síťové pakety na Host Controller Interface nebo u nehostovaných systémů přímo na Link Manager.

**L2CAP poskytuje následující funkce:**

- přenášení dat mezi různými vyššími protokoly
- rozdělování a znovu spojování paketů
- poskytuje jednotnou správu přenosu ke skupině jiných BT přístrojů
- Quality of Service správu kvality pro vyšší protokoly

### BNEP

BNEP je používán pro dopravu síťových packetů. Tento protokol je používán v PAN profilech.

### RFCOMM

BT protokol RFCOMM je jednoduchou sadou přenosových protokolů, založených na L2CAP protokolech, poskytuje emulovaný RS-232 seriový port (až šedesát současných připojení BT přístrojů). Protokol je založen na ETSI standard TS 07.10.

RFCOMM je někdy nazýván Serial Port Emulation. BT sériové porty jsou založeny na tomto protokolu.

## 2.3 Wi-Fi

Wi-Fi (nebo také Wi-fi, Wi-Fi, Wifi, wi-fi, wifi) vychází ze specifikace IEEE 802.11, o které více v literatuře [3]. Název původně neměl znamenat nic, ale časem se z něj stala slovní hříčka vůči Hi-Fi (tzn. analogicky k high fidelity – vysoká věrnost), která by se dala chápat jako zkratka k wireless fidelity (bezdrátová věrnost). Více v literatuře [1].

Původním cílem Wi-Fi sítě bylo zajišťovat vzájemné bezdrátové propojení přenosných zařízení a dále jejich připojování na lokální (např. firemní) síť LAN. S postupem času začala být využívána i k bezdrátovému připojení do sítě Internet v rámci rozsáhlejších lokalit a tzv. hotspotů. Wi-Fi zařízení jsou dnes prakticky ve všech přenosných počítačích a i v některých mobilních telefonech. Úspěch Wi-Fi přineslo využívání bezlicenčního pásma, což má negativní důsledky ve formě silného zarušení příslušného frekvenčního spektra a dále častých bezpečnostních incidentů.

Následníkem Wi-Fi by měla být bezdrátová technologie WiMax, která se zaměřuje na zlepšení přenosu signálu na větší vzdálenosti.

### 2.3.1 Struktura bezdrátové sítě

Bezdrátová síť může být vybudována různými způsoby v závislosti na požadované funkci. Ve všech případech hraje klíčovou roli identifikátor SSID, což je řetězec až 32 ASCII znaků, kterými se jednotlivé sítě rozlišují. SSID identifikátor je v pravidelných intervalech vysílán jako broadcast v takzvaném majákovém rámci (beacon frame), takže všichni potenciální klienti si mohou snadno zobrazit dostupné bezdrátové sítě, ke kterým je možné se připojit (tzv. asociovat se s přístupovým bodem).



Nejjednodušším způsobem, jak bezdrátovou síť skrýt, je zamezit vysílání SSID. Připojující se klient pak musí SSID předem znát, jinak se nedokáže k druhé straně připojit. Protože je však SSID při připojování klienta přenášeno v čitelné podobě, lze ho snadno zachytit a skrytou síť odhalit.

### **Ad-hoc síť**

V ad-hoc síti se navzájem spojují dva klienti, kteří jsou v rovnocenné pozici (peer-to-peer). Vzájemná identifikace probíhá pomocí SSID. Obě strany musí být v přímém rádiovém dosahu, což je typické pro malou síť nebo příležitostné spojení, kdy jsou počítače ve vzdálenosti několika metrů.

### **Infrastrukturní síť**

Typická infrastrukturní bezdrátová síť obsahuje jeden nebo více přístupových bodů (AP), které vysílají své SSID. Klient si podle názvů sítě vybere, ke které se připojí. Několik přístupových bodů může mít stejný SSID identifikátor a je plně záležitostí klienta, ke kterému se připojí. Může se například přepojovat v závislosti na síle signálu a umožňovat tak klientovi volný pohyb ve větší síti (tzv. roaming).

### **2.3.2 Zabezpečení sítě**

Problém bezpečnosti bezdrátových sítí vyplývá zejména z toho, že jejich signál se šíří i mimo zabezpečený prostor bez ohledu na zdi budov, což si mnoho uživatelů neuvědomuje. Dalším problémem je fakt, že bezdrátová zařízení se prodávají s nastavením bez jakéhokoliv zabezpečení, aby po zakoupení fungovala ihned po zapojení do zásuvky.

Nezvaný host se může snadno připojit i do velmi vzdálené bezdrátové sítě jen s pomocí směrové antény, i když druhá strana výkonnou anténu nemá. Navíc většina nejčastěji používaných zabezpečení bezdrátových sítí má jen omezenou účinnost a dá se snadno obejít.

Různé typy zabezpečení se vyvíjely postupně a proto starší zařízení poskytují jen omezené nebo žádné možnosti zabezpečení bezdrátové sítě. Právě kvůli starším zařízením jsou bezdrátové sítě někdy zabezpečeny jen málo. V takových případech je vhodné použít zabezpečení na vyšší síťové vrstvě, například virtuální privátní síť. Více o zabezpečení v literatuře [8].

### **Zablokování vysílání SSID**

Zablokování vysílání SSID sice porušuje standard, ale je nejjednodušším zabezpečením bezdrátové sítě pomocí jejího zdánlivého skrytí. Klienti síť nezobrazí v seznamu dostupných bezdrátových sítí, protože nepřijímají broadcasty se SSID. Bohužel při připojování klienta k přípojnému bodu je SSID přenášeno v otevřené podobě a lze ho tak snadno zachytit. Při zachytávání SSID při asociaci klienta s přípojným bodem se používá i provokací, kdy útočník do bezdrátové sítě vysílá rámce, které přinutí klienty, aby se znovu asociovali.

### **Kontrola MAC adres**

Přípojný bod bezdrátové sítě má k dispozici seznam MAC adres klientů, kterým je dovoleno se připojit. Útočník se může vydávat za stanici, která je již do bezdrátové sítě připojena pomocí nastavení stejné MAC adresy (pokud je na AP tato funkce aktivní).

### **802.1X**

Přístupový bod vyžaduje autentizaci pomocí protokolu IEEE 802.1X. Pro ověření je používán na straně klienta program, který nazýváme prosebník (suplikant), kterému přístupový bod zprostředkuje

komunikaci s třetí stranou, která ověření provede (například RADIUS server). Za pomoci 802.1X lze odstranit nedostatky zabezpečení pomocí WEP klíčů.

### **WEP**

Šifrování komunikace pomocí statických WEP klíčů symetrické šifry, které jsou ručně nastaveny na obou stranách bezdrátového spojení. Díky nedostatkům v protokolu lze zachycením specifických rámců a jejich analýzou klíč relativně snadno získat. Pro získání klíčů existují specializované programy.

### **WPA**

Kvůli zpětné kompatibilitě využívá WPA WEP klíče, které jsou ale dynamicky bezpečným způsobem měněny. K tomu slouží speciální doprovodný program, který nazýváme prosebník (suplikant). Z tohoto důvodu je možné i starší zařízení WPA vybavit.

Autentizace přístupu do WPA sítě je prováděno pomocí PSK (obě strany používají stejnou dostatečně dlouhou heslovou frázi) nebo RADIUS server (ověřování přihlašovacím jménem a heslem).

### **WPA2**

Novější WPA2 přináší kvalitnější šifrování (šifra AES), která však vyžaduje větší výpočetní výkon a proto nelze WPA2 používat na starších zařízeních.

### **2.3.3 Kompatibilita**

Kompatibilitu zařízení zaručuje certifikační proces; zařízení, která tuto certifikaci získala, bývají označena logem Wi-Fi aliance.

**Tab 1 – přehled standardů IEEE 802.11**

Standard	Pásmo [GHz]	Maximální rychlost [Mbit/s]	Fyzická vrstva
původní IEEE 802.11	2,4	2	DSSS
IEEE 802.11a	5	54	OFDM
IEEE 802.11b	2,4	11	DSSS
IEEE 802.11g	2,4	54	OFDM
IEEE 802.11n	2,4 nebo 5	600	OFDM, MIMO

## **2.4 GSM/GPRS**

GSM (Globální Systém pro Mobilní komunikaci) je nejpopulárnější standard pro mobilní telefony na světě. GSM telefony používá přes miliardu lidí z více než 200 zemí.

Všudypřítomnost GSM standardu dělá z mezinárodního telefonování běžnou záležitost díky „roamingovým smlouvám“ mezi mobilními operátory. GSM se od svých předchůdců liší tím, že signální i hovorové kanály jsou digitální, což znamená že se jedná o druhou generaci (2G) systému mobilních telefonů. Tento fakt také znamená, že datová komunikace byla do systému přidána velmi záhy. GSM je otevřený standard, který vyvíjí 3GPP.

GSM má zachovanou zpětnou kompatibilitu s původními GSM telefony. Ve stejné době pokračuje GSM standard s vývojem schopností paketových dat přidávaných do standardu ve verzi z roku 1997 pod

zkratkou GPRS. Vyšší přenosové rychlosti dat byly představeny jako EDGE a UMTS (v tomto případě už se jedná o 3G) ve verzi z roku 1999. Více v literatuře [6].

### **2.4.1 Historie**

Navzdory dnešní popularitě, začala historie mobilních telefonů dávno před počátkem GSM. Skupina GSM byla založena roku 1982. Jméno systému pochází z názvu této skupiny. Později však bylo rozhodnuto, že se zachovají iniciály ale změní se význam zkratky. Původně patřila skupina pod CEPT. Technické základy systému GSM byly definovány v roce 1987. V roce 1989 převzala kontrolu ETSI a kolem roku 1990 byla první specifikace GSM na světě a obsahovala přes 6000 stran textu. Obchodní operace začala Radiolinja z Finska v roce 1991.

V roce 1998 byl zformován Projekt Partnerství 3. Generace (3GPP). Původně měl pouze vytvořit specifikaci pro příští (třetí, 3G) generaci mobilních sítí. Avšak 3GPP převzal také údržbu a vývoj GSM specifikace. ETSI je partnerem 3GPP.

### **2.4.2 Obchodní situace**

Víc než jedna miliarda lidí používala v roce 2004 GSM telefony, čímž dělají z GSM dominantní systém mobilních telefonů z asi 70% světového trhu. Největší soupeř GSM, CDMA2000, se používá hlavně ve Spojených státech a Kanadě. I když byl viděl pomalý nárůst jako základní kámen pro standard 3G když se WCDMA neukázal zcela funkční. Jakmile WCDMA síť začne, může se zpomalit růst GSM na trhu. To ale ukáže čas.

Hlavní důvod pro růst používání GSM, hlavně mezi roky 1998 až 2002, byla dostupnost předplaceného volání z telefonů operátorů. To umožnilo lidem vlastnit mobilní telefon i tehdy, pokud se nechtěli smlouvou zavazovat operátorovi.

### **2.4.3 Radiové rozhraní**

GSM je buňková síť, což znamená že mobilní telefony se připojují do sítě prostřednictvím nejbližší buňky. GSM síť funguje na několika radiových frekvencích.

Jsou čtyři různé velikosti buněk - Makro, mikro, piko a deštníkové buňky. Oblast pokrytí každé buňky se liší podle prostředí. Za makro buňky jsou považovány ty, kde je umístěna anténa základové stanice na stožáru nebo na budově nad úrovní střech. Mikro buňky mají anténu umístěnou pod úrovní střech; typické je použití v zastavěných oblastech. Pikobuňky jsou malé buňky s průměrem pár desítek metrů; používají se hlavně uvnitř budov. Na druhou stranu deštníkové buňky se používají pro pokrytí oblastí ve stínech a na vyplnění mezer mezi buňkami.

Velikost pokrytí záleží na výšce antény, výkonu antény a na podmínkách šíření a pohybuje se od několika stovek metrů až po desítky kilometrů. Největší vzdálenost, které se podle specifikace GSM prakticky používá, je 35 km. Existuje však koncept rozšířené buňky kde může být oblast dvojnásobná i větší.

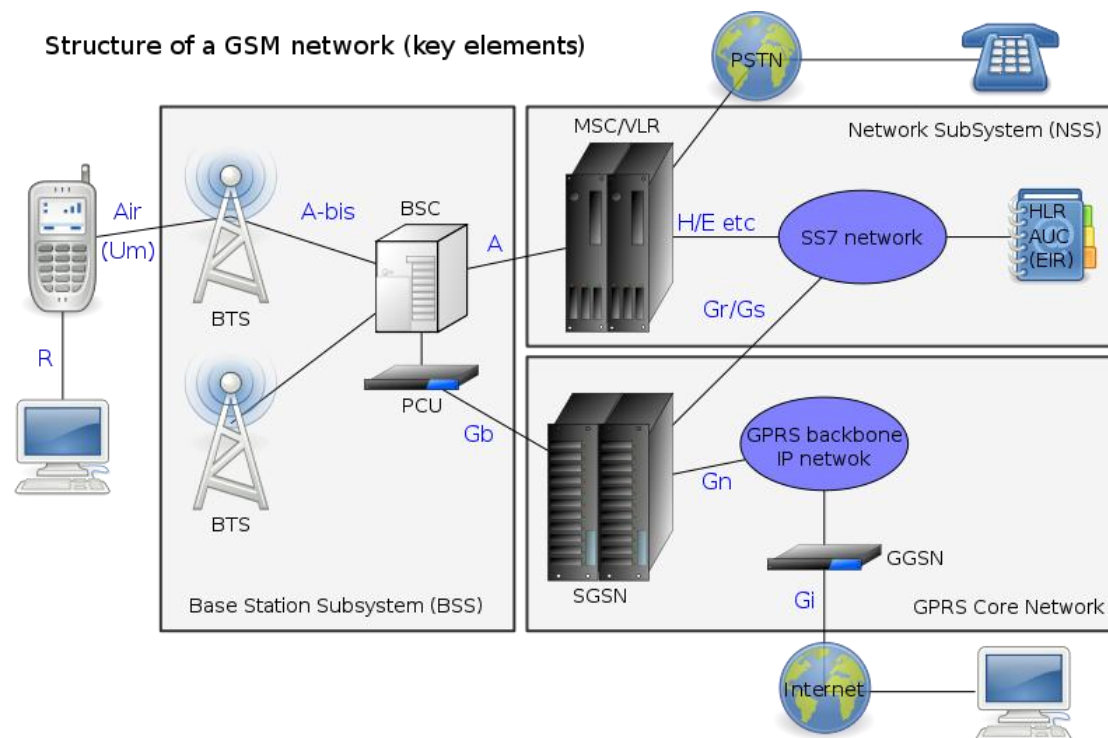
Pokrytí uvnitř budov podporuje GSM také a dosahuje se ho děličem výkonu, který přenáší radiový signál z vnějšku do odděleného systému antén uvnitř. To se používá hlavně, když je potřeba velká kapacita hovorů, například v obchodních centrech nebo na letištích. I když to není nezbytně nutné, protože radiový signál z venku se šíří i skrz zdi.

## 2.4.4 Struktura sítě

Síť za systémem GSM je velká a složitá, aby mohla poskytovat veškeré vyžadované služby.

Je rozdělena do několika sekcí:

- systém základnových stanic
- síťový a přepínací podsystem (část nejvíce podobná pevné síti), většinou se jí říká jednoduše, hlavní síť
- hlavní síť GPRS (volitelná část, která umožňuje internetové spojení na bázi paketů), všechny elementy se skládají dohromady, aby mohly poskytovat GSM služby jako hovory a SMS



Obr 3 – struktura GSM sítě

## 2.4.5 SIM

Jednou z klíčových vlastností GSM je SIM, známá jako SIM karta. SIM karta je vyjímatelná smart karta, obsahující informace potřebné k přihlášení uživatele do sítě a je na ní uložen telefonní seznam a SMS. Uživatel může kartu vytáhnout ze svého mobilního telefonu a jednoduše ji použít v jiném telefonu. Nebo naopak může v jednom mobilním telefonu střídat více operátorů. Někteří operátoři však prodávají tzv. SIM lock telefony, které dovolují používat pouze jednu, nebo skupinu SIM karet. Toto blokování je v některých zemích zakázáno.

V USA a Evropě většina operátorů prodává zamčené telefony. Dělají to z důvodu nižší ceny telefonu, který si zákazník může koupit při podepsání smlouvy. Uživatel může kontaktovat svého operátora, aby mu jeho mobilní telefon odblokoval, jenže dost operátorů toto ignoruje. Někteří operátoři v USA, jako například T-Mobile a Cingular umožňují nechat si odemknout mobilní telefon zadarmo, pokud jste již určitou dobu jejich zákazníkem. Existuje také možnost odemknout si mobilní telefon sám, softwarem staženým z Internetu. Další možností je nechat si odemknout mobilní telefon třetí osobou, což je mnohem rychlejší a levnější než u operátora. Ve většině zemí je odemknutí telefonu legální. Mobilní

operátor T-Mobile v České republice již nabízí všechna svá mobilní zařízení (mobilní telefony, modemy a PC karty) bez SIM lock. Vodafone Czech Republic (jako nástupce Oskara) telefony neblokoval již od svého vstupu na trh.

#### 2.4.6 Bezpečnost GSM

Síť GSM byla navržena s průměrnou úrovní zabezpečení. Systém byl navržen tak, aby ověřoval uživatele použitím sdíleným-tajným šifrováním. Komunikace mezi uživatelem a základovou stanicí může být šifrována. Vývoj UMTS představil možnost USIM, která používá delší autorizační klíč, který zajišťuje vyšší bezpečnost a oboustrannou autorizaci mezi uživatelem a sítí - zatímco GSM autorizuje jen uživatele do sítě (a ne obráceně). Bezpečnostní model proto nabízí důvěrnost a autentičnost, ale omezené autorizační schopnosti.

GSM pro zabezpečení používá některé šifrovací algoritmy. Šifry A5/1 a A5/2 se používají pro zajištění bezpečnosti hovoru ve vzduchu. A5/1 je silnější algoritmus používaný v Evropě; A5/2 je slabší a používá se v ostatních zemích. Vážné slabiny byly nalezeny v obou algoritmech a je možné prolomit A5/2 v reálném čase. Systém podporuje více algoritmů, takže operátoři mohou nahradit tuto šifru silnější. Více o zabezpečení v literatuře [8].

### 2.5 GPRS

GPRS je mobilní datová služba přístupná pro uživatele GSM mobilních telefonů. Je označována jako „2.5G“, technologie mezi druhou (2G) a třetí (3G) generací mobilních telefonů. Poskytuje průměrnou rychlost datových přenosů používáním TDMA kanálů v GSM síti. Původní myšlenka byla vylepšit GPRS, aby pokrýval ostatní standardy, ale místo toho se tyto standardy nyní upravují, aby používaly standard GSM. Proto je GSM nyní jediné místo, kde se GPRS používá. GPRS byl poprvé zahrnut v GSM standardu Release 97 a novější. Původně byl standardizován ETSI, ale nyní byla starost o něj předána 3GPP.

GPRS je odlišné od staršího CSD, které bylo zahrnuto v GSM standardech před Release 97 (z roku 1997, ve kterém byl standard zmrazen) používaných v GSM telefonech, kde starší systém vytvořil datové spojení, které si vyhradilo plnou rychlost datového toku během doby spojení. GPRS je paketově-přepínané, což znamená, že více uživatelů sdílí stejný přenosový kanál a data se přenášejí pouze, když jsou odeslána. Celková kapacita linky může být okamžitě vyhrazena těm uživatelům, kteří zrovna posílají data v kteroukoliv chvíli, což poskytuje vyšší prostupnost tam, kde uživatelé posílají nebo přijímají data periodicky. Prohlížení webových stránek, přijímání e-mailů, chatování, to jsou příklady, kde se využívá občasný přenos dat, což prospívá sdílení dostupné kapacity.

GPRS je většinou účtované za přenesené kilobyty, zatímco CSD bývá účtováno za dobu připojení. Je třeba upozornit na to, že kapacita linky není dostupná pro ostatní uživatele v případě CSD.

GPRS specifikace zahrnuje podporu protokolů IP, PPP, OSPIH a X.25. Poslední z nich se používá pro aplikace jako například bezdrátové platební terminály a bankomaty, ačkoliv byl odebrán z důvodů požadavku standardu. X.25 je stále podporován přes PPP nebo přes IP, což má ovšem za následek nutnost používání routerů nebo zapouzdření přímo do koncového terminálu. V praxi podporují operátoři na GPRS pouze IP a někdy také PPP.

#### 2.5.1 Třídy GPRS zařízení

**Rozeznáváme tři třídy GPRS zařízení:**

**Class A** – umožňuje simultánní využívání GPRS i hlasu. Tato funkce je nazývána jako DTM, tedy přenos hlasu a dat současně. Např. mobilní telefon Nokia N95 tuto funkci podporuje. Technologii

DTM tedy Class A musí podporovat i síť operátora. České mobilní sítě tuto technologii zatím nepodporují.

**Class B** – hovor, nebo data. V závislosti na podpoře sítě je možné například při GPRS spojení přijmout hovor (a zastavit GPRS) nebo opačně. Všechny v současné době prodávané GPRS mobilní telefony a zařízení patří do Class B)

**Class C** – umožňuje pouze datový provoz, z takového přístroje nelze telefonovat (datové karty PCMCIA, speciální průmyslové moduly).

### 2.5.2 Kódová schémata u GPRS

GPRS používá čtyři kódová schémata CS-1 až CS-4. Mobilní telefon musí vždy podporovat všechna čtyři kódová schémata a GSM síť obvykle podporuje CS-1 a CS-2 některé moderní sítě (v Česku např. T-Mobile a Vodafone) podporují všechna kódová schémata CS-1 až CS-4. Kódové schéma se vybírá v závislosti na odstupu signál/rušení tedy tzv. C/I, tak aby byl zajištěn co nejlepší a nejefektivnější přenos dat.

**Tab 2 – kódová schémata GPRS a jejich rychlosti**

Kódové schéma	Rychlost [kbit/s]
CS-1	8,0
CS-2	12,0
CS-3	14,4
CS-4	20,0

### 2.5.3 Možnosti mobilních zařízení

Mobilní terminály (telefony) jsou rozděleny do tříd tedy multislot class podle toho, kolik time slotů umí použít pro uplink, downlink a kolik z toho současně. Např. dnes nejběžnější telefon třídy 10 umí pro downlink použít 4 time sloty a pro uplink 1 time slot. Pracuje tedy v konfiguraci 4+1 (dohromady 5 time slotů) anebo 3 time sloty pro downlink a 2 pro uplink opět dohromady 5 time slotů. Běžné GSM/GPRS/EDGE terminály umí současně používat max. 5 time slotů. Nejnovější terminály třídy 32 umí již 6 time slotů ale toto musí podporovat i síť.

Třída, tedy „Multislot Class“, může být rozdílná pro HSCSD, GPRS a EGPRS. Nejběžnější třídou je třída 10 v konfiguracích 4+1 nebo 3+2. Daná konfigurace je zvolena podle převládajícího toku dat a mění se podle aktuální situace.

**Tab 3 – třídy GPRS a jejich time sloty**

<b>Třída</b>	<b>Downlink TS</b>	<b>Uplink TS</b>	<b>Současně TS</b>
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5
32	5	3	6

#### **2.5.4 Maximální rychlosti**

GPRS nabízí čtyři kódová schémata CS-1 až CS-4 příslušné kódové schéma se vybírá podle aktuálního odstupů signál/rušení tedy podle poměru C/I. Některé GSM sítě podporují pouze kódové schémata CS-1 a CS-2 (v Česku například síť O2) a některé sítě naopak podporují všechna kódová schémata CS-1 až CS-4 (v Česku jsou to například sítě T-Mobile a Vodafone). GPRS nabízí nejvyšší rychlost 80 kbit/s při kódování CS-4 a konfiguraci telefonu 4+1 (4 time sloty pro downlink a jedn pro uplink).

#### **2.5.5 Základní prvky GPRS sítě**

**PCU** – rozděljuje na BTS packet switched data od circuit switched tedy odděluje GPRS/EGPRS provoz od hlasových kanálů (kam patří i fax nebo modem přes CSD, tedy CSD a HSCSD)

**SGSN** – zajišťuje směrování paketů zákazníka v dané oblasti

**GGSN** – v podstatě router směřující pakety z GPRS sítě do externích IP sítí

**CG** – poskytuje data pro účtování zákazníků (CDR)

### **2.6 EGPRS**

Enhanced GPRS (EGPRS) - je částí implementace EDGE a je rozšířením služby GPRS v sítích GSM.

Rozšíření EGPRS:

- nová modulace 8-PSK vedle standardní GMSK
- 9 kódových a modulačních schémat místo 4 u GPRS
- nově přepracovaná vrstva RLC/MAC
- inkrementální redundance
- větší délka okna
- resegmentace
- retransmise

EGPRS nabízí vyšší rychlosti než GPRS a je s GPRS zpětně kompatibilní. Mobilní sítě s podporou EDGE a EGPRS jsou označovány jako sítě 2.75G.

### 2.6.1 Kódová schémata u EGPRS

EGPRS používá devět kódových a modulačních schémat MCS-1 až MCS-9. Kódové schéma a modulace se vybírá v závislosti na odstupu signál rušení tak, aby byl zajištěn co nejlepší přenos dat.

**Tab 4 – kódová schémata EGPRS, jejich rychlosti a použitá modulace**

Kódové schéma	Rychlost [kbit/s]	Modulace
MCS-1	8,8	GMSK
MCS-2	11,2	GMSK
MCS-3	14,8	GMSK
MCS-4	17,6	GMSK
MCS-5	22,4	8-PSK
MCS-6	29,6	8-PSK
MCS-7	44,8	8-PSK
MCS-8	54,4	8-PSK
MCS-9	59,2	8-PSK

### 2.6.2 Maximální přenosové rychlosti

GPRS nabízí nejvyšší rychlost na download 80 kbit/s při kódování CS-4 a konfiguraci telefonu 4+1 (4 time sloty pro download a jeden pro upload), u EGPRS je to při stejné konfiguraci telefonu 4+1 maximálně 236,8 kbit/s při použití kódového schématu MCS-9. V praxi se u EGPRS (EDGE) dosahuje rychlostí kolem 200 kbit/s pro download a kolem 100 kbit/s pro upload (při konfiguraci time slotů 3+2).

K využití služby EDGE je ovšem potřeba mobilní telefon nebo jiné zařízení, které tuto technologii podporuje.

V případě že mobilní telefon podporuje multislots class 32 (např. nejnovější telefony Nokia) a toto podporuje i síť pak jsou teoretické maximální rychlosti pro download u GPRS 100 kbit/s u EGPRS pak 296 kbit/s.

## 2.7 EDGE

EDGE je dalším vývojovým stupněm v technologii GSM po zavedení datových přenosů pomocí GPRS. Technologie EDGE nabízí několik metod a vylepšení, které umožňují dosáhnout efektivního přenosu dat a vysoké spektrální účinnosti v tomto úzkopásmovém buňkovém systému.

Hlavní vylepšení spočívá v použití modulace 8-PSK (osmistavová fázová modulace), která dovoluje přenést tři informační bity pomocí jednoho symbolu na rádiové vrstvě. Naproti tomu modulace GMSK, která je použita u GSM/GPRS, dovoluje přenést pouze jeden informační bit na jeden symbol na rádiové vrstvě. Více v literatuře [6].

**Rozšíření EDGE zahrnuje dvě hlavní části:**

**EGPRS** – pro přepínání paketů – paketové přenosy

**ECSD** – pro přepojování okruhů – CS

EGPRS je tedy rozšířením služby GPRS, která nabízí paketový přenos a tarifování za přenesená data nebo za měsíční paušál. ECSD je rozšíření služby HSCSD, o které více v literatuře [6], tedy služby komutovaných digitálních okruhů.



Jelikož HSCSD je mnohem méně používané z důvodu tarifování (účtování podle času a počtu kanálů), dominuje dnes GPRS (účtování podle přenesených dat nebo měsíční paušál a neomezená data) datovým přenosům v GSM. Stejná situace je i u ECSD a EGPRS. Většina operátorů ECSD v rámci EDGE ani neimplementuje. Stejně tak, jako výrobci mobilních telefonů implementují ve svých zařízeních většinou pouze CSD, GPRS a EGPRS.

### 2.7.1 Dostupnost

Přítomnost EDGE poznáte dnes již na většině mobilních telefonů ikonou E v místě indikace signálu telefonu. Někdy je to indikováno pouze barvou. EDGE není automaticky v místě signálu operátora, jako je tomu u GPRS. EDGE musí být na BTS instalováno.

### 2.7.2 Maximální přenosové rychlosti

GPRS nabízí nejvyšší rychlost na downlinku 80 kbit/s při kódování CS-4 a konfiguraci telefonu 4+1 (4 time sloty pro downlink a jeden pro uplink), u EGPRS je to při stejné konfiguraci telefonu 4+1 maximálně 236,8 kbit/s při použití kódového schématu MCS-9. V praxi se u EGPRS (EDGE) dosahuje rychlostí kolem 200 kbit/s pro downlink a kolem 100 kbit/s pro uplink (při konfiguraci time slotů 3+2).

## 2.8 UMTS

UMTS je 3G systém standardu mobilních telefonů. UMTS byl koncipován jako nástupník systému GSM. UMTS používá pro přístup W-CDMA a je standardizován organizací 3GPP a je evropským standardem, který splňuje požadavky ITU IMT-2000 pro mobilní buňkové sítě třetí generace. Mnohonásobný přístup pomocí W-CDMA u UMTS může být dále kombinován s TDMA a FDMA, o nichž více v literatuře [7].

### 2.8.1 W-CDMA

W-CDMA je evropsko-japonský 3G standard sítě mobilních telefonů, o němž více v literatuře [7]. Je součástí rodiny 3G standardů ITU-2000. Definuje jak terestrickou (pozemní) tak satelitní mobilní službu. Té pozemní se říká UTRA. Satelitní S-UMTS nebo též USRA se zatím ani vzdáleně neblíží implementaci.

Kvůli širší kompatibilitě je zde definovaný frekvenčně dělený duplex (FDD či též UTRA FDD) pro párové spektrum a časově dělený duplex TDD pro spektrum nepárové, zvaný též TD-CDMA nebo UTRA TDD. Šířka pásma je standardně 5 MHz, zvažují se i části a násobky této základní šířky pásma. Standard W-CDMA se také často označuje jako UMTS, zatímco W-CDMA je technický název naznačující, že jde o širokopásmové CDMA, tedy WideBand CDMA. Označení UMTS je název ekonomicko-politický.

První síť založená na W-CDMA odstartovala v Japonsku v roce 2001 a šlo o síť Foma společnosti NTT DoCoMo.

### 2.8.2 Struktura UMTS sítě

- UE – Uživatelská stanice
- GERAN – obecná radiová přístupová síť
  - o Node B – základnové stanice
  - o RNC – ovladač radiové sítě
- CN – jádro sítě

## **UE**

UE se rozumí uživatelská stanice, obecně mobilní telefon či terminál, který je schopný přistupovat k UMTS síti. Často je také používáno původní označení z GSM standardů, Mobile Terminál nebo Mobile Station. Často je velmi obtížně zřetelné, jaký praktický rozdíl je mezi těmito pojmy. My se budeme pro jednoduchost držet tvrzení, že všechny tři tyto pojmy jsou vzájemně zaměnitelné, už proto, že ani sám standardizátor nemá ve výkladu rozdílu příliš jasno.

UE v některých výkladech není součástí obecného konceptu UMTS sítě, ale argument, že bez uživatelských stanic by byla síť jaksi nekompletní, lze jistě akceptovat.

## **GERAN**

GERAN představuje přístupové médium zajišťující transport informací mezi uživatelskou stanicí a jádrem sítě. Standard IMT-2000 ponechává do jisté míry otevřenou otázku, jak GERAN má vypadat s tím, že se tak otvírají dveře budoucím rozšířením a standardům. Jako GERAN mohou sloužit již existující radiové digitální standardy jako GSM BSS, DECT, digitální TV, HiperLAN, nebo dva nové standardy, které přináší UMTS koncept – tedy UTRAN a USRAN. Komerčně se prosazuje zatím pouze UTRAN jakožto pozemní radiové síť zajišťující přístup k jádru sítě. Koncept USRAN je v současné době spíše v záměru než že by existoval jako hotový standard, jedná se totiž o satelitní radiovou přístupovou síť a zatím není firma, která by aplikaci USRAN plánovala.

GERAN se sestává z dvou subkomponent a to základnových stanic označovaných jako Node B (Node A neexistuje, B označuje slovo Base, tedy Základna uzlu) - jde o ekvivalent pojmu BTS v GSM sítích. A dále RNC ovladače radiové sítě, který v GSM sítích označujeme jako BSC. Odlišné označení v GSM a UMTS síti má zabránit zmatkům, co pojem označuje.

## **CN**

Jádrem sítě se rozumí samotný soubor služeb poskytovaných UMTS sítí a rozhraní k ostatním službám, do nichž může uživatel UMTS sítě přistupovat – především pak do jiných telefonních sítí nebo například do internetu. Opět základní idea standardu IMT-2000 předpokládala, že bude možno GRAN (a tím i uživatele přes tento GRAN připojený) propojovat do více jader sítě, například do GSM či ISDN, dnes se ale spíše předpokládá, že pro nasazení UMTS se bude používat společné jádro sítě pro UMTS a GSM, tedy že operátor upgraduje svoje stávající GSM jádro sítě tak, aby vyhovovalo požadavkům UMTS.

Jádro sítě je rozděleno do tzv. domén, podle toho, jakým způsobem jsou zákazníkovi zpřístupňovány funkce jádra sítě.

### **Existují následující domény:**

- Okruhově spínaná doména (CS)
- Paketově spínaná doména (PS)
- IP Multimedia subsystém – IMS doména (od Release 5)

Jádro sítě obsahuje další obslužné komponenty, které se starají o obsluhu návštěvníků sítě (uživatelů v roamingu), o přepojování do jiných sítí (pevné telefonní linky, sítě jiných operátorů), autorizaci, účtování a další služby. Jejich počet závisí na počtu služeb, které hodlá poskytovat mobilní operátor.

### 2.8.3 Rozhraní pro propojení částí sítě

Mezi jednotlivými částmi sítě existují propojení, takzvaná rozhraní (interface). Rozhraní mezi uživatelskou stanicí (UE) a mezi UTRAN se jmenuje Uu a rozhraní mezi UTRAN a jádrem sítě se jmenuje Iu. Součástí Uu rozhraní je technologie WCDMA. Ekvivalentem rozhraní Uu v GSM síti, tedy rozhraní mezi mobilním terminálem a BTS se jmenuje Um.

Rozhraní Iu se rozděluje podle toho, zda se využívá pro propojení paketově spínané technologie (IuPS – Packet Switched) nebo okruhově spínané technologie (IuCS - Circuit Switched). To koresponduje s rozdělením jádra sítě do dvou domén, tedy na služby paketově spínané a okruhově spínané.

UMTS se dále vyvíjí a v současné době jsou k dispozici následující verze (release) UMTS.

- R3 (původně označován jako R99)
- R4 (původně označován jako R2000)
- R5 – HSDPA downlink (14,4 Mbps)
- R6 – HSUPA uplink (5,76 Mbps) + Multimedia Broadcast Multicast (MBMS)
- R7 – HSDPA 28.8/HSUPA 11.5
- R8 – LTE, HSPA evolution

UMTS dále umožňuje režim ve dvou základních režimech oddělení uplinku a downlinku TDD a FDD:

- FDD – spojení mezi základnovou stanicí a telefonem v uplink a downlink na oddělených frekvencích
- TDD – uplink i downlink na stejné frekvenci, střídání na základě různých time slotů, tzv. „Ping-Pong“

#### Kmitočtový plán:

- Párové kmitočty (FDD) 1920 – 1980 MHz uplink (Rx) a 2110 – 2170 MHz downlink (Tx)
- Nepárové kmitočty (TDD) 1900 – 1920 MHz a 2010 – 2025 MHz (sít' T-Mobile v ČR)
- Družicové párové kmitočty 1980 – 2010 MHz a 2170 – 2200 MHz

## 2.9 HSDPA

HSDPA je protokol mobilní telefonie označován také jako technologie 3,5G – třípůltá generace. Více v literatuře [7]. Objevil se v 5. vydání standardu UMTS. HSDPA je dostupné jak pro UMTS FDD, tak pro UMTS TDD. HSDPA zvyšuje podstatně přenosovou rychlost pro downlink. Rychlost UMTS Release 99 (Release 3) je pouze 384 kbit/s.

HSDPA je založeno na několika inovacích architektury sítě, díky nimž se dosahuje nižšího zpoždění, rychlejších reakcí na změnu kvality kanálu a zpracování H-ARQ, tedy hybridního automatického požadavku na opakování přenosu.

Další změny jsou provedeny přímo na radiové části sítě, tedy na RNC a Node B. Hlavní změnou, která přispívá ke zrychlení toku dat a odstranění zpoždění a rozptylu, je přesunutí některých úkolů ze samotného RNC na Node B. Základnové stanice se nyní namísto RNC starají o plánování a řízení přímo na Vrstvě 1, většina funkcí MAC důležitých právě pro zpoždění a rozptyl dat je z RNC v 5. vydání přesunuta na NodeB. Díky tomu data urazí kratší trasu před tím, než se dekodují a pokud se zjistí, že je s nimi něco v nepořádku, tudíž je potřeba poslat je znovu. Snižují se tím nároky na dobu jejich přenosu, ale i na RNC, naopak je potřeba výkonnější hardware NodeB. MAC (řízení přístupu k

médiu) se v Release 5 nově nazývá MAC-HS, čímž dává tato funkce najevo, že je dislokována na NodeB.

Oproti Release 99 zavádí HSDPA nová schémata pro přenos paketových dat. Namísto rychlého řízení vysílacího výkonu a proměnného faktoru rozptřeni se používá dynamická adaptivní modulace a kódování, více kódové operace, rychlé plánování a opakované odesílání na fyzické vrstvě.

Díky HSDPA bude u W-CDMA sítí (tedy evropského UMTS) teoreticky možné nabízet sdílené rychlosti maximálně 14,4 Mbit/s (maximální rychlost na jednu buňku), efektivní rychlosti budou podstatně nižší a při startu HSDPA se očekává, že mobilní terminály budou schopny využívat rychlosti maximálně do 1,8 Mbit/s. Rychlost 14,4 Mbit/s pro jedno zařízení se nedá v dohledné době očekávat při této rychlosti by totiž terminál (telefon) musel najednou používat 15 kanálů (tedy kódů) současně a všechny timesloty čímž by pro sebe spotřeboval celou kapacitu jednoho sektoru.

### 2.9.1 Parametry

**Tab 5 – parametry HSDPA**

<b>Parametr</b>	<b>Popis</b>
Generace	3G
Rok spuštění	2005
Typ přístupu	WB-CDMA
Modulace	QPSK/16-QAM
Kódování	1/4; 2/4; 3/4; 4/4
Kmitočtové pásmo	873 MHz, 1,9 GHz
Párové kmitočty	1920-1980 MHz + 2110-2170 MHz
Nepárové kmitočty	1910-1920 MHz + 2010-2025 MHz
Šířka kanálu	5 MHz
Počet kanálů	15
Vysílací pásmo BTS	1910-1920 MHz + 1920-1980 MHz
Vysílací pásmo MS	2110-2170 MHz + 2010-2025 MHz
Průměrná uživatelská rychlost	550–1 100 kbit/s
Třída	1 až 12
Download speed	1 107 kbit/s
Upload speed	384 kbit/s
Teoretická max. přenos. rych.	14,4 Mbit/s na buňku

## 2.9.2 Třídy HSDPA terminálů

Tab 6 – třídy HSDPA terminálů

Třída	Max. počet HS-DSCH kódů	Modulace	Max. rychlost [Mbit/s]
1	5	QPSK a 16-QAM	1,2
2	5	QPSK a 16-QAM	1,2
3	5	QPSK a 16-QAM	1,8
4	5	QPSK a 16-QAM	1,8
5	5	QPSK a 16-QAM	3,6
6	5	QPSK a 16-QAM	3,6
7	10	QPSK a 16-QAM	7,3
8	10	QPSK a 16-QAM	7,3
9	15	QPSK a 16-QAM	10,2
10	15	QPSK a 16-QAM	14,4
11	5	pouze QPSK	0,9
12	5	pouze QPSK	1,8

## 2.10 WiMAX

WiMAX je stále se vyvíjející bezdrátovou technologií. WiMAX je definován v řadě norem IEEE 802.16, o kterých více v literatuře [3]. Jde o standard pro bezdrátovou distribuci dat zaměřený na venkovní síť, tedy jako doplněk k Wi-Fi chápanému jako standard pro vnitřní síť. Více v literatuře [1].

### 2.10.1 Technické pozadí 802.16

Ačkoliv prapočátky standardu 802.16 jsou ještě v roce 1998, většina práce na tomto standardu proběhla v letech 2000-2003. Cílem bylo vytvořit standard pro levnější a jednoduše rozšiřitelný širokopásmový bezdrátový přístup k internetu – standard pro metropolitní bezdrátové síť.

První verze standardu byla publikována v roce 2002 přímo pod číslem 802.16 a definovala přístupovou technologii s nutností přímé viditelnosti (LOS) a pro frekvenční pásma 10-66 GHz. V dubnu 2003 byla publikovaná další verze standardu pod označením 802.16a. Ta definuje frekvence v rozsahu 2-11 GHz, tedy jak licencované, tak bezlicenční frekvence. Dosah dle této specifikace je 40-70 km a zatímco u původního standardu 802.16 byla přenosová rychlost až 134 Mb/s, v případě 802.16a klesá zhruba na polovinu, tedy 70 Mb/s. Přesunem do nižšího frekvenčního pásma a využitím OFDM pracuje 802.16a v režimu NLOS, tedy nevyžaduje přímou viditelnost mezi základnovou stanicí a klientským adaptérem. Novinkou je také podpora samoorganizující se topologie, tedy „mesh“ architektury. V současnosti se kromě jiného uvažuje o začlenění technologie WiMAX do standardu mobilní sítě 4. Generace a jako přenosového prostředku pro technologii HSPA.

Důležitou vlastností všech standardů 802.16 je skutečnost, že definuje vrstvu MAC podporující více specifikací fyzických vrstev. Díky tomu mohou výrobci zařízení diferencovat své výrobky a vybavovat je přidávanými funkcemi a přidanou hodnotou, aniž by se tyto výrobky stávaly neinteroperabilními s výrobky jiných výrobců. Totéž samozřejmě přispívá k možnosti přizpůsobit techniku pro práci v konkrétním frekvenčním spektru. Výrobcům to umožní odlišit se a vyhnout se

komodizaci produktů, jaká postihla WiFi zařízení, kde je velmi obtížné odlišit se při zachování kompatibility s jinými produkty WiFi sítí.

#### **Další rozvoj standardu probíhá ve dvou větvích:**

- 802.16 c/d publikovaný v lednu 2003 se zaměřuje na interoperabilitu tím, že zavádí systémové profily zařízení, v nichž jsou specifikovány funkce a vlastnosti pro základní testy interoperability. WiMAX fórum prezentovalo první testy v červenci 2003 a v průběhu léta – podzimu 2004 se objevily první hotové materiály. Zatímco „c“ se vztahuje k testovacím protokolům a postupům, „d“ postihuje vlastnosti nezachycené v „c“ definici a definuje profily zařízení.
- 802.16e přináší do WiMAXu mobilitu a pracuje na něm především společnost Nokia.

### **2.10.2 Předpokládané pracovní frekvence pro WiMax**

**Tab 7 – předpokládané pracovní frekvence WiMax**

<b>Frekvence [GHz]</b>	<b>Licencování</b>
3,5	Licencované, mezinárodní pásmo
10,5	Licencované, mezinárodní pásmo
2,5 – 2,7	Licencované, USA, S. Amerika
2,4	Nelicencované, mezinárodní
5,725 – 5,825	Nelicencované, mezinárodní

Nižší frekvence mají lepší propagační vlastnosti, samo o sobě to ale nestačí. Proto 802.16a přidává podporu OFDM, ortogonálního frekvenčního dělení multiplexu. OFDM je méně náchylné k vícecestným interferencím, protože každý přenášený symbol trvá na dílčí nosné déle, což eliminuje vliv zpoždění delší cestou.

Při OFDM modulaci celá šířka pásma se rozdělí na více úzkých pásem případně ortogonálních podkanálů. Původně širokopásmový signál je následně rozdělen a přenášen po těchto úzkých pásmech paralelně pomocí IDFT.

802.16a specifikuje tři možnosti pro OFDM s tím, že ponechává do budoucna otevřená vrátka pro přidání dalších variant OFDM.

1. OFDM s 256 podkanály – to je také jediná varianta zakomponovaná do ETSI standardu HiperMAN. Proto je HiperMAN podmnožinou WiMAXu.
2. OFDMA s 2048 podkanály
3. OFDM s jedním kanálem pro výrobce, kteří mají jiné řešení pro potlačení vícecestných interferencí

V současné době probíhají první implementace a nasazení WiMax sítí od výrobců jako je Alvarion. V ČR vzniká první testovací WiMax síť v Českém Krumlově.

### **2.10.3 Certifikace WiMAX**

K zajištění vzájemné kompatibility a interoperability zařízení WiMAX vyráběné různými výrobci vznikla v roce 2001 nezisková organizace WiMAX Forum. Jejím cílem sdružit všechny výrobce wimaxových zařízení a prosadit WiMAX forum Certified Program. Celý certifikační proces je

rozdělen do několika vln, z nichž každá řeší určitou část vlastností wimaxových produktů. Každá vlna bude obsahovat nové certifikační profily nebo nové funkcionality, případně podporu nových frekvencí či přístupových technik (pevných, nomadických, přenosných a mobilních). Pochopení, jak se certifikační proces vyvíjí, je klíčové pro vytvoření správných očekávání od certifikovaných produktů. Počáteční certifikační vlna, která byla plánována původně na konec roku 2005 a proběhla v prvním čtvrtletí 2006. První vlna testuje pouze některé vlastnosti wimaxových produktů. Certifikace produktů bývá často vnímána černobíle – produkt je buď certifikován, nebo ne, ale realita je o mnoho složitější. Produkt bude certifikován jen pro některou funkcionalitu. Jako příklad může sloužit první vlna certifikace, která nezahrnuje vlastnosti QoS. Výsledkem je, že dva certifikované produkty mohou spolupracovat v základní konfiguraci (v první vlně se testuje Air protocol interoperability), ale nejsou kompatibilní v oblasti QoS. To bude limitující faktor pro poskytovatele služeb, pro něž je nabídka služeb vyžadujících QoS (např. VoIP) hlavním důvodem k pořízení technologie WiMAX. První část je závislá na rádiových parametrech, a vychází tedy z Air protocol interoperability, ale definice přenosových parametrů (kapacit, priorit a dalších) se realizuje pomocí systému QoS. Z toho důvodu lze očekávat, že v této fázi vývoje produktů a certifikace spolu budou moci reálně spolupracovat (přenášet užitečná data) pouze základnová stanice a klientské jednotky od stejného výrobce.

## 3 Výběr vhodné technologie

Výběru vhodné technologie pro komunikaci mezi zařízeními by měla být věnována dostatečná pozornost. Není totiž žádoucí, aby výsledná aplikace nebyla použitelná např. proto, že komunikace bude probíhat na vzdálenost větší, než vybraná technologie umožňuje. Důležitým faktorem bude jistě i dostupnost a rozšířenost technologie.

### 3.1 Specifikace požadavků na technologii

Hra bude hrána ve vzdálenosti ohraničené běžnou místností, čili se bude jednat o okruh do průměru přibližně 10 metrů. Nepoužitelnou bude technologie vyžadující přímou viditelnost, neboť v této místnosti mohou být mezi zařízeními různé překážky. Použitím takovéto technologie by nebylo zamezeno vzájemnému okoukání momentálního stavu hry. Neméně důležitým faktorem pak jistě bude hledisko finanční náročnosti, čili bude vyžadováno co možná nejlevnější řešení. Knihovny, které nejsou standardně součástí .NET CF a je nutno je zakoupit, stejně tak, jako platba za přenášovaná data mezi zařízeními mobilnímu operátorovi se jeví jako nevyhovující požadavku na co nejlevnější řešení. V neposlední řadě by se také nemělo zapomínat na energetické nároky jednotlivých technologií a to hlavně proto, že mobilní zařízení jsou napájena z baterie, která by mohla být velmi rychle vybita.

### 3.2 Výběr komunikace pomocí BT

Nejprve bude odůvodněno, proč nebyly použity jednotlivé technologie a poté bude zdůvodněno použití technologie BT.

Ze specifikace požadavků vyplývá, že technologie IrDa, která vyžaduje přímou viditelnost zařízení, nebude pro použití pro takovýto typ aplikace vhodná. Bylo by nepříjemné, pokud by mohl soupeř vidět rozehranou hru druhým zařízením, i když existují i hry, kde by toto nevadilo. Ovšem možnost komunikovat pouze na vzdálenost okolo jednoho metru technologií IrDa vyřadí z výběru definitivně.

Proč tedy nepoužít WiFi? Netrpí nedostatky IrDA a má větší dosah, než BT. Odpověď je velice jednoduchá. Ve specifikaci požadavků bylo zmíněno i hledisko energetické náročnosti a jelikož WiFi potřebuje pro přenos dat daleko více energie, než BT, nebude pro implementaci aplikace vybráno. Implementace by také byla, v případě WiFi, daleko složitější a dražší.

Technologii GSM a s ní související, nebo z ní vycházející technologie, jako jsou např. GPRS, UMTS, HSDPA, EGDE apod. byly vyloučeny převážně proto, že přenosy dat jsou zpoplatněny. I když hrát nějakou tahovou hru prostřednictvím SMS zpráv by mohlo být velmi zábavné. Navíc jediným omezením dosahu by bylo pouze pokrytí těmito technologiemi, které je však téměř celosvětové.

Poté, co bylo zdůvodněno, proč nebudou použity výše uvedené technologie, je načas, aby se zdůvodnilo, proč bude použita právě technologie BT. BT svým dosahem kolem 10 metrů plně postačuje pro hraní her v místnosti, nebo mezi místnostmi v budově. Není zapotřebí přímé viditelnosti a vývoj aplikace komunikující pomocí BT patří k těm méně náročným ve srovnání s ostatními technologiemi. V neposlední řadě by nemělo být opomenuto, jak již bylo uvedeno v úvodu, že snad všechny hry pro mobilní zařízení komunikují právě pomocí BT. Jsou v podstatě dvě možnosti, jak díky BT komunikovat. Je možno komunikovat přes BT Stack, nebo je možno komunikovat pomocí sériových portů v zařízení, které jsou přiřazeny BT.



### 3.3 BT a práce s BT Stack

Jelikož .NET CF neobsahuje standardně knihovny pro práci s BT Stackem. Má-li s ním být pracováno, bude třeba se poohlédnout po knihovnách třetích stran. Situaci navíc komplikují různé typy nekompatibilních BT modulů a různé placené či neplacené knihovny.

Dříve, než se bude zabýváno jednotlivými knihovnami, bude potřeba krátký přehled toho, jak BT vlastně funguje. V dnešní době existuje mnoho BT zařízení, z nichž ale každé může používat jiný typ BT modulu. Funkcionalita BT modulu je přístupná přes tzv. BT stack, což je rozhraní, přes které s BT modulem uvnitř zařízení systém komunikuje. Bohužel je těchto rozhraní hned několik druhů, což znamená, že aplikace napsaná pro jeden BT stack nebude fungovat pro jiný. Proto si programátor musí buď vybrat, která zařízení bude podporovat, nebo naimplementovat různé verze pro jiná rozhraní.

**Zde je seznam těchto BT stacks (rozhraní):**

1. Widcomm stack
2. Microsoft stack
3. Jiná, jako například Toshiba stack, ...

Naštěstí se v naprosté většině zařízení nachází buď Widcomm BT stack nebo Microsoft BT stack, proto se dále zaměříme pouze na tyto dvě nejrozšířenější rozhraní.

#### 3.3.1 Widcomm stack

Někdy je také možno se setkat s označením Broadcom stack.

##### **Implementace firmy Broadcom**

Situace s rozhraním od firmy Widcomm, jejíž moduly jsou nejrozšířenější, byla velice špatná. Když ale v roce 2004 byla firma zakoupena firmou Broadcom, situace se změnila. Broadcom vydal oficiální knihovnu pro ovládání Widcomm stacku, bohužel se ale jedná pouze o unmanaged C++ verzi.

- - pouze Widcomm stack
- - C++ verze
- + zdarma

##### **Knihovna BTAccess od firmy High-Point software**

Zde se jedná již o managed .NET verzi pro Widcomm BT stack, která ale není zdarma. Na stránkách firmy je také k dispozici plná zkušební verze bez časového omezení, pouze při každé inicializaci připojení k BT v zařízení se otevře okno s informací, že se jedná pouze o zkušební verzi.

- - pouze Widcomm BT stack
- - pouze placená verze
- + managed .NET CF knihovna

#### 3.3.2 Microsoft BT stack

##### **Knihovna firmy Microsoft**

Z pohledu programátora je u tohoto rozhraní situace o mnoho jednodušší, bohužel ale Microsoft BT stack zase není tolik rozšířený jako Widcomm. Microsoft poskytuje na svých stránkách zdarma .NET CF knihovnu Windows Embedded Source Tools for BT Technology.

- - pouze Microsoft BT stack
- + managed .NET CF
- + zdarma

### **32feet.NET**

Další bezplatnou knihovnou je 32feet.NET.

- - pouze Microsoft BT stack
- + managed .NET CF
- + zdarma

### **3.3.3 Widcomm i Microsoft stack**

#### **Franson BlueTools**

Poslední zde uvedená knihovna je od firmy Franson. Tato knihovna umí pracovat jak Microsoft BT stackem, tak Windcomm BT stackem. Rozlišení typu BT rozhraní se děje na úrovni knihovny a odlišnosti mezi rozhraními jsou před programátorem skryty. Aplikace pak tedy funguje na obou typech BT zařízení. Tato knihovna není zdarma, standardní verze stojí 99 €. Na stránkách firmy si také můžete stáhnout 14ti denní trial verzi.

- - není zdarma
- + podporuje oba typy, jak Microsoft, tak i Widcomm BT stack
- + managed .NET CF

#### **Jak poznám, která verze BT stacku se v zařízení nachází?**

Bohužel zjistit o jaký BT stack se jedná v daném PDA je velice problematické. Jedna možnost je podívat se do registrů a hledat složku Widcomm. Pokud se zde nenachází, pak se pravděpodobně jedná o Microsoft BT stack. Druhá možnost je pokusit se vyhledat tuto informaci na Internetu. Bohužel není možné si tuto informaci vyhledat na stránkách výrobce, protože ten ji většinou vůbec neuvádí.

## **3.4 BT a sériové porty**

BT pro svou komunikaci používá právě 2 sériové porty. Jeden, sloužící pro příjem, a druhý, který slouží pro odesílání dat. Z tohoto vyplývá, že u BT jsou pro obousměrnou komunikaci zapotřebí 2 sériové porty.

### **3.4.1 Co je sériový port?**

Standard RS-232, resp. jeho poslední varianta RS-232C z roku 1969, (také sériový port nebo sériová linka) o kterém více v literatuře [2]. Používá se jako komunikační rozhraní osobních počítačů a další elektroniky. RS-232 umožňuje propojení a vzájemnou sériovou komunikaci dvou zařízení, tzn. že jednotlivé bity přenášených dat jsou vysílány postupně za sebou, na rozdíl od paralelní komunikace, kdy je několik bitů posíláno najednou pomocí komunikačního kanálu nebo sběrnice.

### **3.4.2 Kterou knihovnu použít?**

Z předchozího textu by se mohlo zdát, že bude potřeba si jednu z knihoven zaplatit. Naštěstí ale existuje jedna možnost, díky které není zakoupení některé z knihoven nutné. Jak již bylo uvedeno výše, BT pro svou komunikaci používá právě 2 sériové porty a v .NET CF není nejmenší problém vytvořit aplikaci, která bude právě se sériovými porty umět pracovat. Data se přes ně dají posílat ve formě textových řetězců, nebo polí Byteů. Akorát je v tomto případě nutno navrhnout a naprogramovat vlastní komunikační protokol, o který se v případě použití knihovny není potřeba téměř starat. Ovšem nespornou výhodou takového řešení je možnost použití aplikace pro kterýkoliv BT stack, jelikož se práce s BT odehrává na úrovni přímo sériových portů. Ty je totiž možno ovládat

přímo v aplikaci a není k tomu zapotřebí ani žádných dalších knihoven, protože .NET CF poskytuje postačující možnosti pro práci s nimi.

Při vývoji aplikace budou ukázány a porovnány oba způsoby odesílání dat, tedy odesílání dat v podobě textových řetězců a také odesílání polí naplněných Byteovými hodnotami. Pole Byteů lze navíc posílat ve formě zprávy zapsané do pole Byteů, nebo jako pole Byteů vzniklé serializací instance třídy, která obsahuje data k přenosu. Porovnání jednotlivých způsobů odesílání dat bude probíhat z hlediska rychlosti přenosu.

### 3.4.3 Komunikace zasíláním textových řetězců

Komunikace pomocí posílání textových řetězců přes sériové porty je jednoduchá. Na straně odesílatele stačí použít metodu `WriteLine()`, která má jako vstupní parametr textový řetězec a do výstupního portu nám zapíše požadovaná data. Na straně příjemce bude použita metoda `ReadLine()`, která vrací hodnotu přečtenou ze vstupního sériového portu. V .NET CF je u sériového portu k dispozici událost `DataReceived` (při obdržení dat), ve které stačí zavolat již zmiňovanou metodu `ReadLine()` pro přečtení přijatých dat.

Toto je základní princip komunikace přes BT pomocí sériových portů zasíláním textových řetězců. V tomto případě není zapotřebí žádných dalších knihoven pro obsluhu komunikace.

### 3.4.4 Komunikace zasíláním pole Byteů

Komunikace posíláním pole Byteů je velmi podobná posílání textových řetězců. Na straně odesílatele je použita metoda `Write()`, která má 3 vstupní parametry. Prvním je pole Byteů, které bude odesíláno, druhým je pozice v poli, od které se data do portu zapíšou a posledním, třetím, je počet Byteů, které se do portu z pole zapíšou. V případě, kdy je odesíláno celé pole, bude druhý parametr roven nule a třetí parametr bude roven délce zapisovaného pole. Stojí za zmínku, že metoda `Write()` je metodou volanou na instanci třídy `BinaryWriter`, která zapisuje pole Byteů do `Streamu` (do `BaseStreamu` sériového portu). Na straně příjemce, opět v události `DataReceived`, jsou data přečtena z portu metodou `Read()`, která je volána na instanci třídy `BinaryReader`, která umí ze `Streamu` přečíst pole Byteů (čtení z `BaseStreamu` sériového portu). Načtená data jsou poté konvertována do požadovaných datových typů. Ani v tomto případě není zapotřebí žádných dalších knihoven pro uskutečnění komunikace.

### 3.4.5 Komunikace zasíláním instancí třídy

V situaci, kdy bude vyžadováno do sériového portu zapsat instanci nějaké třídy se bohužel nelze obejít bez serializace dat, která třídu převede na posloupnost bitů, které je možno přes sériový port odeslat.

Například třída `Message`, která bude reprezentovat formát odesílané zprávy a bude obsahovat číslo zprávy, typ zprávy a užitečná (přenášená) data. Celá tato instance bude zapsána a následně přečtena ze sériového portu. K tomu bude zapotřebí `BinaryFormatteru`, protože umí serializovat data. Bohužel .NET CF neumožňuje serializaci. Ta je v něm obsažena pouze z důvodu kompatibility s klasickým .NET Frameworkem. Proto v .NET CF není možno naleznout ani `BinaryFormatter` a bude nutno poohlédnout se po knihovnách třetích stran. Naštěstí existuje knihovna pro serializaci dat určená pro .NET CF od společnosti As good as it gets. V tuto chvíli tedy již nic nebrání používání metod `BinaryFormatteru`, jako jsou `Serialize()` na straně odesílatele a `Deserialize()` na straně příjemce. První jmenovaná má 2 vstupní parametry. Prvním je `Stream`, do kterého se budou data serializovat (opět `BaseStream` výstupního sériového portu) a druhým je instance třídy, kterou budeme chtít serializovat, tedy instance třídy `Message`, kterou naplníme daty, která chceme přenášet.

Na straně příjemce jsou data přečtena metodou `Deserialize()` do nové instance třídy (`Message`) z `BaseStreamu` vstupního sériového portu. To vše opět při události `DataReceived`. Jen je v tomto případě nutno přetypovat na konkrétní typ, čili

```
Message message = BinaryFormatter.Deserialize<Message>
(VstupniSerialPort.BaseStream).
```

## 4 Komunikační protokol

V této části budou rozebrány jednotlivé problémy, které se objevily při návrhu vlastního komunikačního protokolu.

### 4.1 Formát zprávy

Pro formát odesílaných zpráv byla vzata inspirace z prostředí počítačových sítí. Tudíž odesílaná zpráva v sobě, kromě užitečných přenášených dat, obsahuje také číslo zprávy a její typ, který určuje význam zprávy. Zprávy jsou číslovány z důvodu zpětného potvrzování o přijetí dat. Typy zpráv jsou zavedeny, aby bylo možno různé typy zpráv obsluhovat jinak. Například zpráva obsahující data bude obsloužena metodou, která zajistí odeslání odpovědi o přijetí zprávy a provede s daty určené operace. Narozdíl od datových zpráv nebudou potvrzovací zprávy dále potvrzovány (potvrzení o potvrzení přijetí). Z tohoto vyplývá, že každý typ zprávy bude obsluhován jinak.

Z analýzy projektu je zavedeno 5 typů zpráv. Zprávy datové (DAT), synchronizační (SYN), potvrzovací (ACK), zprávy pro znovu-připojení (RCN) a zprávy pro testovací účely (TST).

Formát zprávy musel být ale přizpůsoben konkrétně pro každý typ odesílání dat. Tedy, pro odesílání dat ve formě textového řetězce byly zavedeny oddělovače, které od sebe jednotlivé části zprávy oddělují. Podle těchto oddělovačů je poté přijatá zpráva rozdělena na jednotlivé části (číslo zprávy, její typ a přenášená data) a tyto části jsou poté podle potřeby konvertovány do požadovaných datových typů a je s nimi dále pracováno.

V případě zasílání dat pomocí polí naplněných Byteovými hodnotami bylo potřeba ve formátu zprávy provést opět některé změny. Bylo třeba od sebe odlišit zprávy obsahující souřadnice o pohybu postav od ostatních zpráv. Proto byla na začátek každé zprávy přidána proměnná typu `bool`, která toto zajišťuje. Další změnou oproti ostatním způsobům odesílání dat bylo určení konce zprávy, neboť se toto jevilo jako nejjednodušší způsob řešení problému se čtením dat do konce `Streamu`. Toto určení bylo provedeno jednoduchým přidáním specifického znaku na konec odesílané zprávy. Při čtení zprávy je provedeno testování na tento znak a pokud je přečten, je čtení ukončeno, protože byla přečtena celá zpráva.

### 4.2 Potvrzování zpráv

Každá zpráva má své číslo. Pokud je potřeba u odesílané zprávy zjistit, zda byla v pořádku odeslána a hlavně přijata, aktivuje se čekací smyčka pro čekání na odpověď. Odpověď je odeslána ve formě potvrzovací zprávy typu ACK, která obsahuje číslo potvrzované zprávy jako svou datovou část. Pokud nedojde k přijetí potvrzovací zprávy o odeslané zprávě do stanovené doby, znamená to, že došlo k přerušení spojení, což způsobí následné uložení aktuálního stavu hry do log souboru, ze kterého poté může být hra inicializována do rozehraného stavu před přerušením spojení.

### 4.3 Připojení ke druhému zařízení

Při otvírání sériových portů je potřeba, aby se obě zařízení připojila jedno k druhému navzájem. Tedy, aby se výstupní porty obou zařízení připojily ke vstupním portům toho druhého. Jinak by nemohla zařízení komunikovat obousměrně. Toto ovšem není zrovna příznivý stav, protože je potřeba, aby si zařízení navzájem zasílala zprávy. Proto je nutné zařízení rozlišit, aby bylo určeno, kdo začne hru a u koho se bude ukládat log soubor o hře. Po úspěšném připojení si zařízení navzájem zašlou celočíselnou, náhodně vygenerovanou, hodnotu a poté porovnají tuto přijatou hodnotu se svou

vygenerovanou hodnotou. Podle těchto podmínek se určí, které zařízení bude číslo 1 a 2. Zařízení, které vygenerovalo větší hodnotu bude to, které začne hru a bude si ukládat log soubor v případě přerušení spojení. Na komunikaci to ovšem nic nemění, zařízení si jsou pořád rovnocenná.

#### 4.4 Fronta zpráv

Může se stát, že vyvstane požadavek odeslat další zprávu ve stejnou dobu, nebo během doby, kdy se čeká na potvrzení o přijetí dat. Pro tyto případy byla navržena fronta zpráv čekajících na odeslání. Pokud se tedy aplikace bude snažit odesílat data v době, kdy čeká na potvrzení o přijetí zprávy, nebo posílá své vlastní zprávy pro řízení spojení, budou se zprávy řadit do fronty, odkud budou postupně odesílány v pořadí, v jakém do ní přišly. Jednoduše by bylo možno zprávy odesílat i v době, kdy se čeká na potvrzení o přijetí. Potvrzení o přijetí předchozí, nebo více předchozích odeslaných zpráv by se dělo poslední přijatou potvrzovací zprávou typu ACK. Čekáním na potvrzení každé konkrétní zprávy se sice sníží mírně odezva hry, zato ale budou potvrzeny všechny jednotlivé zprávy, čímž se ověří, že byly všechny úspěšně přijaty.

#### 4.5 Serializace instance třídy

Kvůli porovnávání v rychlosti přenosu dat bylo implementováno také odesílání instancí třídy, která reprezentuje přenášenou zprávu. Takto přenášená data obsahují navíc informace o struktuře instance (počet a typ proměnných), která je přenášena, aby bylo možno je na straně příjemce znovu složit do požadované struktury, neboli získat opět instanci, která byla odeslána. Takovou instanci bohužel není možné přímo poslat přes sériový port. Proto bylo nutno tuto třídu udělat serializovatelnou, aby bylo možno ji převést do binární podoby, kterou je možno do portu zapsat. Bohužel v .NET CF není pro serializaci plná podpora, protože ji obsahuje pouze z důvodu kompatibility s klasickým .NET Frameworkem. Bylo tedy potřeba najít knihovnu u třetí strany. Jako vhodná se zdála být knihovna firmy As it good as it gets, proto byla použita. Díky ní je nyní možno instanci třídy serializovat (převést na posloupnost bitů) a zapsat ji do výstupního portu.

Na straně příjemce se provede deserializace dat, což znamená, že data jsou z posloupnosti bitů převedena zpět na původní přenášenou instanci.

#### 4.6 Ztráta spojení

Spojení může být přerušeno ze tří důvodů. Jedná se o vypnutí zařízení (vybitá baterie, uživatel jej vypne sám), komunikaci za hranicí dosahu BT, nebo pokud potvrzení přijetí zprávy překročí definovanou dobu. V každém případě je nežádoucí, aby byla ztracena aktuálně rozehraná hra, proto zařízení 1 po zjištění, že došlo ke ztrátě spojení, uloží informace o hře (kdo je na tahu, pozice a životy postav) do logovacího souboru, ze kterého po znovu-připojení hru nastaví do stejného stavu, v jakém byla před přerušением spojení, aby bylo možno ve hře pokračovat.

Zjištění ztráty spojení je řešeno následujícími způsoby. Přerušení spojení z důvodu pozdního potvrzení o přijetí zprávy je zjištěno v čekací smyčce. Přerušení spojení z důvodu vypnutí zařízení je zjišťováno pravidelným testováním, zda jsou stále sériové porty otevřeny, protože se při vypnutí zařízení automaticky zavírají. Posledním způsobem, jak je zjišťováno, zda bylo spojení přerušeno, je pravidelné zasilání zpráv druhému zařízení. Tyto zprávy by mohly být potvrzované, ale potvrzovány nejsou, protože si obě zařízení navzájem tyto zprávy pouze zasílají a v určitém časovém úseku testují, zda byla přijata další takováto zpráva. Pokud ne, došlo ke ztrátě spojení a provedou se s tím spojené operace.

## **4.7 Pokračování v předchozí hře**

Pokud byla spojení přerušeno, byly informace o hře uloženy do logovacího souboru. Hru je možno, pokud existuje logovací soubor, po připojení obnovit do stavu před přerušením spojení. K tomuto účelu byly navrženy zprávy typu RCN. Nejdříve je zaslána otázka, zda soupeř souhlasí s hraním poslední hry. Pokud ano, jsou z log souboru postupně načítány informace a jsou zasílány soupeři jako RCN zprávy. Zároveň je hra nastavována do předchozího stavu i na zařízení číslo 1. Pokud soupeř zvolí možnost ne, je logovací soubor smazán a pokračovat v předchozí hře již není možné.

Pokud dojde ke ztrátě spojení a logovací soubor existuje, je přepsán novým logovacím souborem.

# 5 Hra

## 5.1 Návrh

Musí se jednat o síťovou hru, aby bylo možno odzkoušet komunikaci přes BT. Bude se jednat o jednoduchou tahovou hru, kde bude definováno několik druhů postav. Každá z těchto postav bude mít jinak velký život, jinou sílu a jinak velký dosah, kam se může pohybovat nebo útočit. Z principu tahové hry vyplývá, že se hráči budou střídat s tahy, vždy nejdřív jeden, poté druhý. Každý hráč má k dispozici 4 postavy. Vyhraje hráč, který zabije první všechny soupeřovy postavy.

## 5.2 Analýza

Aby byly splněny požadavky z návrhu hry, budou vytvořeny třídy `Figurka` a `HraciPole`. První obsahuje následující proměnné. Proměnnou `id`, která slouží pro jednoznačnou identifikaci postav, proměnnou `name`, která je jménem postavy, proměnnou `picture`, ve které je uložena cesta k obrázku postavy. Dále to jsou proměnné `poziceX` a `poziceY`, které určují pozici postavy na hracím poli. Proměnná `zivot` určuje život postavy, proměnná `move` slouží k vykreslování dosahu, kam se může postava při tahu pohybovat, případně útočit. A konečně proměnná `fight`, která určuje, jak silná postava je a kolik života ubere při útoku soupeřově postavě. Druhá třída obsahuje dvě pole postav, složené z instancí třídy `Figurka`, jedno pro soupeřovy a druhé pro vlastní postavy. Jejich názvy jsou `moje` a `souper`. Dále to jsou proměnné `height` a `width`, které určují rozměry hracího pole. Poslední proměnnou třídy `HraciPole` je proměnná `pozadi`, která obsahuje cestu k obrázku, který je zobrazen na pozadí hracího pole.

Pro komunikaci bude zapotřebí několik různých typů zpráv. Budou to datové zprávy `DAT`, ve kterých budou přenášena užitečná data. Dále to budou synchronizační zprávy `SYN` sloužící pro řízení spojení a s tím spojené rozlosování zařízení atd. Bude také potřeba potvrzovacích zpráv k potvrzování o přijetí zpráv, budou tedy zavedeny zprávy typu `ACK`. Pro případ dohrání předchozí hry budou vytvořeny zprávy typu `RCN`, které budou velmi podobné datovým zprávám `DAT`, ale jejich obsluha bude probíhat odlišně. Posledním používaným typem zpráv budou zprávy `TST`, které slouží pouze k testovacím účelům pro zjištění rychlosti přenosu dat.



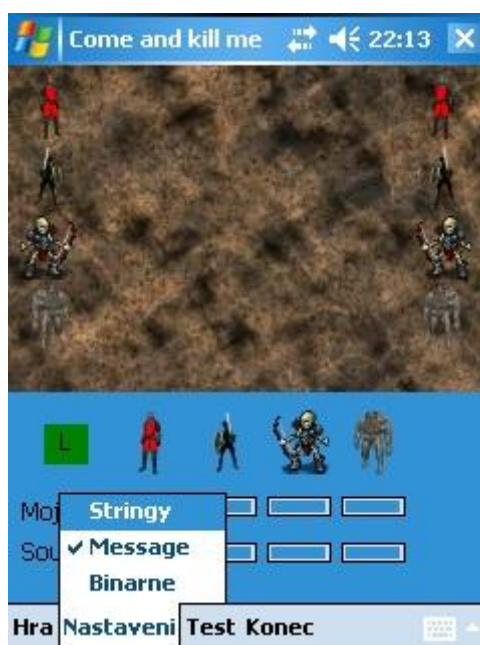
### 5.3 Vzhled

Takto vypadá hra po úspěšném připojení, rozlosování stran a inicializování hracího pole.



Obr 4 – uživatelské rozhraní hry po připojení se ke 2. zařízení

V menu nastavení je možnost výběru způsobu komunikace, čili výběr, v jakém formátu se budou zprávy odesílat.



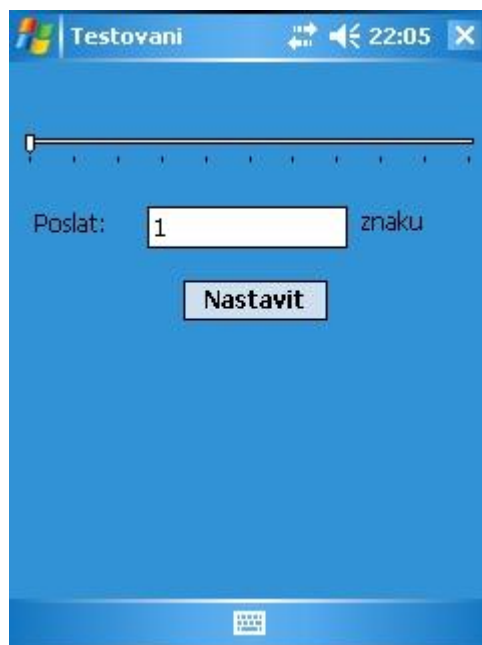
Obr 5 – výběr způsobu komunikace

Screenshot rozehrané hry s ukázkou dosahu jedné z postav.



Obr 6 – ukázka rozehrané hry

Testovací formulář sloužící pro nastavení délky zprávy.



Obr 7 – nastavení délky testovací zprávy

## 5.4 Jak hrát

Po vzájemném připojení se obou zařízení je inicializováno hrací pole a je naplněno postavami. V této chvíli máme možnost, pokud existuje nějaká předchozí nedohraná hra, ji dohrát. V menu Hra zvolíme možnost Pokračovat v předchozí hře. Pokud máme zájem hrát novou hru, tak necháme zařízení, aby se mezi sebou rozlosovala a určilo se, kdo bude na tahu jako první. Že jsme na tahu poznáme podle zeleného čtverečku vlevo dole pod hracím polem. V tomto čtverečku je také písmeno P nebo L, které určuje, na které straně se naše postavy nachází. Dále se na hlavní obrazovce nachází ještě ukazatele životu jednotlivých postav.

Hráč vybere postavu tím, že na ní klikne. V tom okamžiku se kolem ní vykreslí červený okruh dosahu, kam se může postava pohybovat, případně uvnitř kterého může postava útočit na soupeřovy postavy. Při výběru postavy již není možnost výběr změnit a musíme si počkat na další tah. Pokud vybereme místo mimo vykreslený dosah, postava zůstane na původním místě a musíme zvolit místo v kruhu. V případě výběru místa ve vykresleném kruhu se postava přesune na toto místo. Pokud je na této pozici soupeřova postava, tak se postava nepřesune, ale soupeřově postavě ubere život. Postavy s nulovým životem již nejsou dále vykreslovány, jsou mrtvé a do hry již nemají možnost zasahovat. Vyhrává hráč, který zabije první všechny soupeřovy postavy. Poté je možno začít novou hru a to výběrem z menu Hra, kliknutím na položku Nová hra.

## 5.5 Problémy při implementaci

Při vývoji aplikace se kromě problémů ohledně komunikace vyskytnuly i problémy se zobrazováním obrázků. K dispozici byla 2 starší PDA zařízení značky HP. Jedno mělo QVGA rozlišení 320x240 bodů a druhé VGA rozlišení, tedy 640x480 bodů. Jelikož jsou pro grafiku postav použity obrázky ve formátu PNG, které jsou rastrovémi obrázky, nebylo možno použít jednu sadu obrázků pro obě dvě zařízení, protože na zařízení s větším rozlišením byly obrázky zmenšené. Proto bylo potřeba udělat 2 sady obrázků, které by zajistily korektní vykreslování na obou zařízeních s rozdílným rozlišením. Dalším problémem týkajícím se grafiky byla průhlednost PNG obrázků. V .NET CF není podpora Alfa kanálu, tudíž oblasti obrázků, které mají být průhledné, se vykreslují bílou barvou. Tento problém pomohla z části odstranit knihovna od firmy OpenNETCF, která PNG obrázky korektně zobrazuje alespoň na novějším zařízení s Windows Mobile 5. Na starším zařízení s Windows Mobile 2003 se průhledné části obrázků zobrazují v černé barvě. S použitím této knihovny musely být ovšem obrázky postav odstraněny ze zdrojů pro projekt, neboť knihovna umožňuje načítat pouze obrázky ze souborového systému. Tudíž musí být obrázky uloženy ve složce, která je umístěna v souborovém systému na stejném místě jako .exe soubor aplikace.

## 5.6 Testovací rozhraní

V menu je přístupná položka Nastavení, ve které je možno vybrat způsob přenosu dat. Ten je zde ovšem pouze kvůli testování rychlosti přenosu a pro samotnou hru by byl zvolen pouze jeden způsob pro přenos dat, který by se již nedal měnit, čili by se tato položka v menu stala zbytečnou. Je důležité upozornit, že výběr způsobu komunikace se musí provést stejně na obou zařízeních a to ještě před samotným připojením se zařízení k sobě navzájem, jinak dojde k chybě.

## 6 Testování rychlosti přenosu

Ve hře je obsaženo i testovací rozhraní, které slouží pro testování rychlosti přenosu zpráv přes BT. Při kliknutí na položku menu Test a poté na položku Nastavit se otevře okno s možností nastavení délky testovací zprávy. Obsahem této zprávy je náhodně vygenerovaný textový řetězec. Délku lze nastavit od 1 znaku až po 100000 znaků. Poté stačí kliknout na položku menu Test a Odeslat a testovací zpráva je odeslána. Při přijetí potvrzení této zprávy se otevře informační okno s dobou odezvy, což je obrácená hodnota k rychlosti přenosu. Čím rychlejší je přenos, tím menší je doba odezvy.

### Pro testování byl zvolen následující postup:

Pro délku testovací zprávy byly zvoleny hodnoty 1, 100, 1000, 10000 a poté násobky 10000 až po 100000 znaků. Každá tato hodnota je odeslána 10x a z hodnot odezvy je spočítán průměr. Je sledováno, jak se mění hodnota doby odezvy v závislosti na délce odesílané testovací zprávy.

Toto testování je provedeno pro všechny 3 způsoby komunikace. Pro vzdálenost zařízení při testu byla zvolena délka 2 metry. Poté rozhodneme, který způsob umožňuje nejrychlejší přenos.

### 1. odesílání instancí třídy Message

Tab 8 – hodnoty odezvy pro odesílané testovací zprávy

Délka zprávy	1. (ms)	2. (ms)	3. (ms)	4. (ms)	5. (ms)	6. (ms)	7. (ms)	8. (ms)	9. (ms)	10. (ms)	Průměr (ms)
1	28	60	19	13	40	38	29	35	42	43	43,1
100	42	26	36	60	32	22	32	44	29	31	35,4
1000	40	19	46	61	56	43	62	49	68	36	48
10000	108	68	99	103	120	105	76	106	84	142	101,1
20000	120	106	102	130	141	127	108	148	115	76	117,3
30000	104	151	107	139	107	118	114	161	115	93	120,9
40000	148	201	123	94	92	118	164	130	112	130	131,2
50000	160	153	130	106	147	86	121	106	85	324	141,8
60000	140	140	119	122	110	111	117	128	189	129	130,5
70000	133	150	103	94	136	90	100	89	136	100	113,1
80000	131	137	109	122	117	154	80	106	92	167	121,5
90000	129	153	207	107	98	147	150	98	129	153	137,1
100000	161	96	119	109	97	154	114	173	136	119	127,8

## 2. odesílání textových řetězců

Tab 9 – hodnoty odezvy pro odesílané testovací zprávy

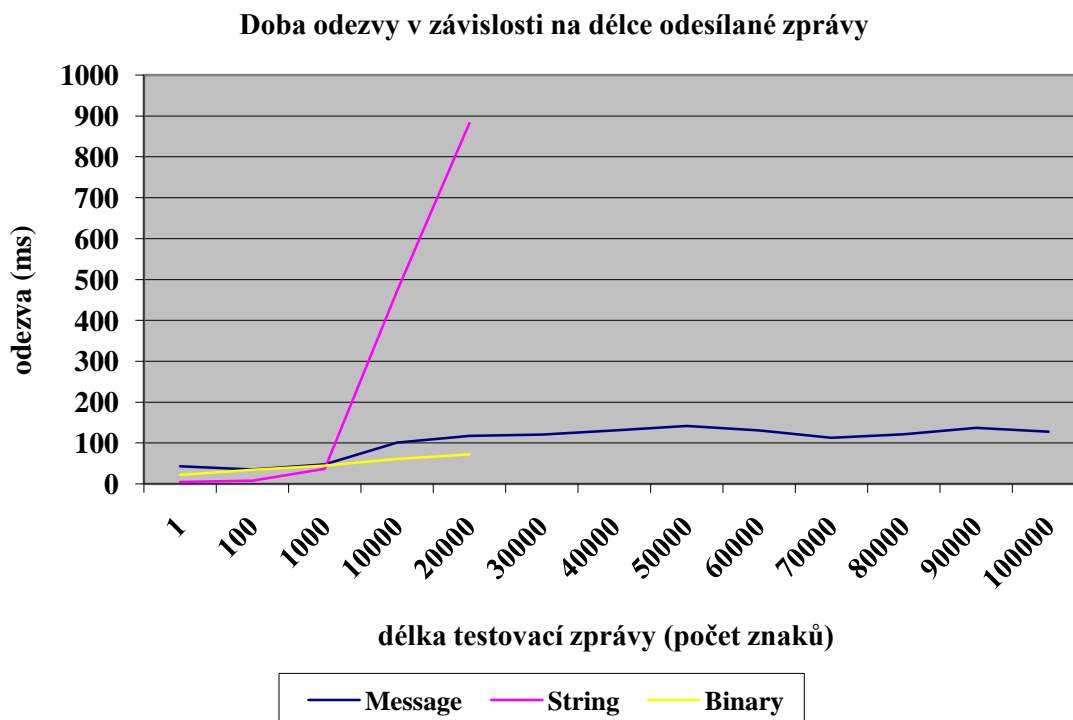
Délka zprávy	1. (ms)	2. (ms)	3. (ms)	4. (ms)	5. (ms)	6. (ms)	7. (ms)	8. (ms)	9. (ms)	10. (ms)	Průměr (ms)
1	2	9	6	2	1	10	2	6	1	9	4,8
100	8	3	5	6	11	7	11	13	7	5	7,6
1000	27	40	28	29	40	41	41	42	44	38	37
10000	429	471	505	520	473	445	510	436	486	452	472,7
20000	884	875	910	859	853	875	874	864	925	910	882,9

## 3. odesílání pole Byteů

Tab 10 - hodnoty odezvy pro odesílané testovací zprávy

Délka zprávy	1. (ms)	2. (ms)	3. (ms)	4. (ms)	5. (ms)	6. (ms)	7. (ms)	8. (ms)	9. (ms)	10. (ms)	Průměr (ms)
1	25	30	28	18	22	27	20	15	19	21	22,5
100	28	32	35	30	40	37	29	33	45	42	35,1
1000	59	30	45	42	47	38	53	50	41	43	44,8
10000	76	44	54	62	39	80	71	53	67	64	61
20000	66	67	79	60	82	65	73	81	76	72	72,1

## 6.1 Výsledky



Z naměřených hodnot vyplývá následující závěr. Nejrychlejším způsobem ze zde použitých je, do délky testovacího řetězce 1000 znaků, zasílání zpráv ve formě textových řetězců, u kterého ovšem doba odezvy roste téměř stejně s délkou odesílané zprávy, takže pro zprávu o délce 10000 znaků již byla odezva více než 10x větší, než pro zprávu o délce 1000 znaků. Při délce zprávy 20000 znaků se již odezva blížila téměř 1 sekundě. Pro délku zprávy 30000 znaků již pravidelně doba odezvy překračovala 1250ms, tudíž již dále nebyla testována, protože v aplikaci je nastaveno čekání na odpověď právě na 1250ms, jelikož při delší době čekání na potvrzení by hra ztratila na hrátelnosti. Z výsledků by se dalo předpokládat, že pro zprávu o délce 40000 znaků bude doba odezvy přibližně 2x větší, než pro zprávu o délce 20000 znaků.

Druhým nejrychlejším způsobem ze zde použitých bylo odesílání polí Byteů, u kterého ovšem z neznámých důvodů u zpráv o délce přes 30000 znaků přestala aplikace reagovat. Proto je možno provést porovnání pouze do zpráv o délce do 20000 znaků.

Nejpomalejším způsobem pro odesílání zpráv ze zde použitých je zasílání serializovaných instancí třídy Message. Je zde ovšem možno si povšimnout, že i pro velice dlouhé zprávy se doba odezvy příliš nemění. Pro zprávy o délce ve stejných řádech je doba odezvy přibližně stejná. Tento způsob odesílání zpráv byl následně také vybrán jako výchozí pro hraní hry, neboť odesílání instancí třídy je přehlednější oproti zbylým způsobům. Vzhledem k tomu, že všechny zprávy, kromě testovacích, svou délkou ani zdaleka nepřesahují délku 100znaků, je tento způsob odesílání vyhovující i hodnotou odezvy, neboť průměrně nepřesahuje 40ms.

## 7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo seznámit čtenáře s technologiemi používanými pro komunikaci mezi mobilními zařízeními a na příkladu předvést použití jedné vybrané technologie formou jednoduché hry a to pro vybranou technologii. Dále také porovnat rozdíly v zasílání zpráv různými způsoby a to hlavně z pohledu rychlosti přenosu. A v neposlední řadě jej také obeznámit s vlastně navrženým komunikačním protokolem.

První část práce se zabývala podrobným popisem jednotlivých technologií pro přenos dat. Čtenář zde byl seznámen s technologiemi jako jsou např. IrDa, BT, Wi-Fi, GSM apod. Byl také seznámen se způsobem, jak jsou v konkrétních případech přenášena data, na jakém principu technologie pracují, do jaké vzdálenosti jsou schopny data přenášet atd.

Ve druhé části byla vybrána BT technologie a tento výběr byl zdůvodněn. V případě implementace hry byla technologie BT nejvhodnější a to převážně díky její rozšířenosti, protože BT modul dnes obsahuje téměř každé mobilní zařízení.

Ve třetí části práce byl popsán vlastní navržený komunikační protokol a podrobněji byly popsány i navržené mechanismy v něm obsažené. Byly zde podrobně popsány principy komunikace, pomocí kterých je řízeno spojení a popsán byl také formát odesílané zprávy.

Čtvrtá část obsahovala návrh a analýzu hry spolu s informacemi, jak hru hrát a na jakém principu funguje. Nachází se zde také několik screenshotů výsledné aplikace, které zobrazují uživatelské rozhraní hry. Byly zde rozvedeny i problémy týkající se grafické stránky a byla zde vysvětlena i nekorektnost zobrazování PNG obrázků na jednom ze zařízení.

V poslední části byla otestována rychlost přenosu pro všechny způsoby zasílání dat. Naměřené údaje byly sepsány do tabulky, byly z nich spočteny průměrné hodnoty a ty byly zaneseny do výsledného grafu, kde došlo k porovnání jednotlivých způsobů zasílání zpráv, z nichž nejrychlejším je zasílání textových řetězců, i když tomu tak není ve všech případech, viz vysvětlení v kapitole 6.1.

Přínosem této práce je skutečnost, že není třeba se bát naprogramování aplikace pracující s BT v prostředí .NET CF, i když pro práci s BT v něm neexistuje naprosto žádná podpora. Přesto není zapotřebí knihoven třetích stran, protože s BT je možno pracovat skrze sériové porty, které jsou mu v zařízení přiřazené.

Podařilo se naimplementovat jednoduchou tahovou hru, která komunikuje pomocí technologie BT mezi 2 mobilními zařízeními a díky této implementaci poukázat na úskalí, která se vyskytla při návrhu komunikačního protokolu i samotné hry. Dále se podařilo na testovacím rozhraní, které hra také obsahuje, otestovat rychlost přenosu dat pro jednotlivé způsoby odesílání zpráv.

Aplikace by se dala dále doplnit například o režim hry pro jednoho hráče. Její další vývoj by se také mohl zaměřit přímo na grafickou stránku aplikace a postavy by mohly být vymodelovány ve 3D grafice.

## 8 Literatura

- [1] GHETIE, Joseph. *Fixed-Mobile Wireless Networks Convergence: Technologies, Solutions, Services*. 1st edition. [Cambridge] : Cambridge University Press, 2008. 464 s. ISBN 10-0521513561, 13-978-0521513562.
- [2] BAI, Ying. *The Windows Serial Port Programming Handbook*. [s.l.] : Auerbach Publications, 2004. 824 s. ISBN 10-0849322138, 13-978-0849322136.
- [3] *Emerging Wireless LANs, Wireless PANs, and Wireless MANs: IEEE 802.11, IEEE 802.15, 802.16 Wireless Standard Family (Wiley Series on Parallel and Distributed Computing)*. Edited by Yang Xiao, Yi Pan. 1st edition. [s.l.] : Wiley, 2009. 648 s. ISBN 10-0471720690, 13-978-0471720690.
- [4] KNUTSON, Charles D.; BROWN, Jeffrey M. *IrDA Principles and Protocols : The IrDA Library*. Vol. 1. [s.l.] : MCL Press, 2004. 214 s. ISBN 10-0975389203, 13-978-0975389201.
- [5] BUTT, Waqqas ur Rehman. *ANALYSIS AND STUDY OF BLUETOOTH PROTOCOL: Wireless Communication, Bluetooth Protocol*. [s.l.] : VDM Verlag Dr. Müller, 2009. 72 s. ISBN 10-3639117808, 13-978-3639117806.
- [6] EBERSPÄCHER, Jörg, et al. *GSM - Architecture, Protocols and Services*. 3rd edition. [s.l.] : Wiley, 2009. 338 s. ISBN 10-0470030704, 13-978-0470030707.
- [7] KREHER, Ralf; RUEDEBUSCH, Torsten. *UMTS Signaling: UMTS Interfaces, Protocols, Message Flows and Procedures Analyzed and Explained*. 2nd edition. [s.l.] : Wiley, 2007. 574 s. ISBN 10-0470065338, 13-978-0470065334.
- [8] CHANDRA, Praphul. *BULLETPROOF WIRELESS SECURITY: GSM, UMTS, 802.11, and Ad Hoc Security (Communications Engineering)*. [s.l.] : Newnes, 2005. 272 s. ISBN 10-0750677465, 13-978-0750677462.